

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Aleš Simjanovski

# **Izvedba prehoda na pisarno v oblaku**

DIPLOMSKO DELO  
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Mojca Ciglarič

Ljubljana, 2013



Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

*Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil  $\text{\LaTeX}$ .*



Št. naloge: 01911 / 2013  
Datum: 31.3.2013

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ALEŠ SIMJANOVSKI**

Naslov: **IZVEDBA PREHODA NA PISARNO V OBLAKU**  
**TRANSITION TO THE OFFICE IN THE CLOUD**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

Analizirajte značilnosti oblačnih infrastruktur in možnosti različnih storitvenih modelov, ki so danes na voljo v javnih oblakih. Na konkretnem primeru podjetja, ki ima težave s sistemsko infrastrukturo, identificirajte vire težav in predlagajte predloge za njihovo rešitev. Primerjajte prehod pošte in pisarniških storitev v oblak z možnostjo širitve lokalne infrastrukture, pri čemer bi omenjena funkcionalnost ostala na lokaciji podjetja. Utemeljite odločitev. Za izbrano različico naredite načrt prehoda, prehod izvedite in opišite in nazadnje kritično ovrednotite izvedbo in učinke projekta. Poskušajte odgovoriti na vprašanje, ali se prehod v oblak izplača ter kakšna nova tveganja pri tem nastanejo.

Mentor: *M. Ciglaric*  
doc. dr. Mojca Ciglarič



Dekan: *N*  
prof. dr. Nikolaj Zimic



Original izdane teme



## IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Aleš Simjanovski, z vpisno številko **63040150**,  
sem avtor diplomskega dela z naslovom:

*Izvedba prehoda na pisarno v oblaku*

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Mojce Ciglarič,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 15. oktobra 2013

Podpis avtorja:





## **ZAHVALA**

Na začetku bi se rad zahvalil svoji mentorici doc. dr. Mojci Ciglarič, za prijazno sodelovanje, razumevanje in pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Prav tako gre zahvala podjetju Comparex, ki mi je omogočilo izvedbo praktičnega dela diplomske naloge.

Največja zahvala gre mojim staršem, ki so mi omogočili študij, me podpirali in vedno stali ob strani.

In pa Branki, ki je moja največja opora in podpora.



*Očetu, ki me je spodbudil za študij  
računalništva in informatike*



# Kazalo

Povzetek

Abstract

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
1.1	Motivacija . . . . .	1
1.2	Opis problema in namen diplomske naloge . . . . .	2
1.3	Zgradba diplomske naloge . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Rešitve v lokalnem okolju</b>	<b>5</b>
2.1	Uvod . . . . .	5
2.2	Širitev / nadgradnja strojne opreme . . . . .	6
2.3	Virtualizacija . . . . .	10
2.4	Prednosti in slabosti rešitev v lokalnem okolju . . . . .	16
2.4.1	Prednosti . . . . .	17
2.4.2	Slabosti . . . . .	18
<b>3</b>	<b>Računalništvo v oblaku</b>	<b>21</b>
3.1	Uvod . . . . .	21
3.2	Storitveni modeli računalništva v oblaku . . . . .	24
3.2.1	Primerjava storitvenih modelov . . . . .	26
3.3	Namestitveni modeli oblaka . . . . .	28
3.4	Varnost računalništva v oblaku . . . . .	30

3.5	Prednosti in slabosti računalništva v oblaku . . . . .	32
3.5.1	Prednosti . . . . .	33
3.5.2	Slabosti . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Prehod iz lokalnega okolja v oblak</b>	<b>37</b>
4.1	Microsoft Office 365 . . . . .	37
4.2	Primerjava z drugimi rešitvami . . . . .	40
4.3	Stanje sistema pred prenovo . . . . .	45
4.4	Prenova sistema . . . . .	47
4.4.1	Analiza stanja . . . . .	49
4.4.2	Planiranje . . . . .	52
	Aktivnosti priprav pri uporabnikih . . . . .	52
	Aktivnosti priprav na infrastrukturi . . . . .	54
4.4.3	Priprave . . . . .	58
	Aktivnosti priprav pri uporabnikih . . . . .	58
	Aktivnosti priprav na infrastrukturi . . . . .	58
4.4.4	Migracija . . . . .	67
4.5	Stanje sistema po prenovi in možnosti nadgradnje . . . . .	72
<b>5</b>	<b>Zaključek</b>	<b>76</b>
	<b>Seznam slik</b>	<b>78</b>
	<b>Literatura</b>	<b>80</b>

# Seznam uporabljenih kratic in simbolov

**AD** (ang. Active Directory) – domenski strežnik podjetja Microsoft

**AD FS 2.0** (ang. Active Directory Federation Services 2.0) - programska oprema za zagotavljanje enotne prijave v sistem

**API** (ang. Application Programming Interface) - programski vmesnik, ki zagotavlja, da ima računalniški program na razpolago funkcije drugega računalniškega programa

**CAS** (ang. Client Access Server) – vloga strežnika, ki upravlja dostop do poštnega strežnika Exchange

**DNS** (ang. Domain Name System) - sistem, ki se v internetu uporablja za preslikavo med domenskimi imeni in naslovi internetnega protokola

**EC2** (ang. Elastic Compute Cloud) - Amazonova spletna storitev, ki nudi razširljivo računalniško infrastrukturo v javnem oblaku

**EWS** (ang. Exchange Web Services) - spletne storitve, ki omogočajo komunikacijo aplikacij s poštnim strežnikom Exchange

**HTTP** (ang. Hyper Text Transfer Protocol) - protokol za izmenjavo nadbesedil ter grafičnih, zvočnih in drugih večpredstavnostnih vsebin na spletu

**IaaS** (ang. Infrastructure as a Service) - storitveni model oblaka, ki ponuja infrastrukturo

**IT** (ang. Information Technology) – tehnologija, ki omogoča zbiranje, obdelavo, shranjevanje, razpošiljanje ter uporabo podatkov in informacij



**ISO 27001** - standard, ki opisuje najboljše prakse za sistem upravljanja varovanja informacij

**LDAP** (ang. lightweight directory access protocol) - internetni protokol za dostop do imenikov

**NAS** (ang. network attached storage) - diskovno polje, priklopljeno v lokalno omrežje

**NLB** (ang. network load balancing) - strojna ali programska oprema, ki se uporablja za izenačevanje obremenitev omrežja

**PaaS** (ang. Platform as a Service) - storitveni model oblaka, ki ponuja platformo za izvajanje aplikacij

**PDF** (ang. Portable Document Format) - format datoteke, ki je neodvisen od računalniškega okolja in medoperacijsko prenosljiv

**SaaS** (ang. Software as a Service) - storitveni model oblaka, ki ponuja programsko opremo

**SAN** (ang. storage area network) - nabor pomnilniških naprav in strežnikov, povezanih na skupno komunikacijsko infrastrukturo za podatkovni prenos

**SAS 70** (ang. Statement on Auditing Standards No. 70: Service Organizations) - standard revidiranja organizacij, ki ponujajo storitve

**SLA** (ang. Service Level Agreement) - del storitvene pogodbe, kjer je storitev formalno opredeljena

**SSL** (ang. Secure Sockets Layer) - protokol, ki omogoča kriptirano komunikacijo preko spleta

**TCP** (ang. transmission control protocol) - povezavni protokol transportnega sloja v paketu internetnih protokolov

**UPS** (ang. uninterruptable power supply) - naprava, ki vključuje zmogljiv akumulator za napajanje računalnika ob izpadu električne energije

**VMM** (ang. Virtual Machine Monitor) – del programske ali strojne opreme, ki poganja in nadzoruje virtualne stroje

# Povzetek

Zaradi hitrega razvoja na področju informacijske in komunikacijske tehnologije se v podjetjih pojavlja potreba po nenehnem iskanju optimalnih rešitev in posodabljanju informacijske tehnologije (IT), ki je v današnjem svetu ključnega pomena za nemoteno delovanje podjetja. V diplomskem delu je predstavljena problematika, s katero se v zadnjem času srečujejo sodobna podjetja pri prenovi IT. Na trgu obstaja mnogo različnih možnosti rešitev prenove, kar predstavlja velik problem za večino podjetij, ki delujejo v dinamičnem poslovnem okolju. Hitro razvijajoče se področje računalništva v oblaku ponuja poceni rešitve storitev v oblaku, ki podjetju prinašajo konkurenčno prednost. V diplomskem delu sta najprej predstavljeni dve izmed možnih rešitev prenove IT v lokalnem okolju podjetja. Nato je podrobneje opisano področje računalništva v oblaku, kjer so predstavljene njegove glavne značilnosti, prednosti in slabosti. V nadaljevanju je opisan praktični primer prehoda v oblak, kjer sta najprej predstavljena obstoječe stanje in arhitektura sistema obravnavanega podjetja. Predstavljena je možnost prenove sistema na lokaciji podjetja in njene slabosti. Na koncu je opisan celoten postopek prehoda pisarniških in poštnih storitev podjetja iz lokalnega okolja v oblak.

## Ključne besede:

prenova informacijske tehnologije, računalništvo v oblaku, rešitve v lokalnem okolju, prehod iz lokalnega okolja v oblak, spletne storitve, programska oprema kot storitev



# Abstract

With the rapid development of information and communication technology, enterprises feel a need for a constant search of optimal solutions and for modernization of information technology (IT), which in today's world is crucial for the smooth operation of the enterprise. This thesis presents an issue with which modern companies are facing at IT renovation. There are many different renovation options on the market, which is a major problem for most companies that operate in a dynamic business environment. Rapidly evolving field of cloud computing provides cheap solutions of services in the cloud that bring competitive advantage to the company. The first part of the thesis presents two of the possible on-premise IT renovation solutions. Next, the technology of cloud computing, with all its main features, advantages and disadvantages, is introduced. The following describes a practical example of the transition to the cloud, which begins with the definition of the existing system state and architecture of the discussed company. The possibility of on-premise system renovation is presented together with its weaknesses. Finally, the whole procedure of transition of the company's office and postal services from on-premise environment to the cloud is described.

## Keywords:

information technology renovation, cloud computing, on-premise solutions, transition from on-premise environment to the cloud, web services, software as a service



# Poglavje 1

## Uvod

### 1.1 Motivacija

Živimo v času, ki ga vse bolj kroji informacijska tehnologija. Informacijska tehnologija (IT) je dandanes samoumeven podporni člen vsakega podjetja. Brez njene podpore podjetje ne bi moglo konkurirati na tržišču, saj so ravno informacije dejavnik, ki pomaga pri doseganju konkurenčne prednosti. Z zanimanjem za tehnologijo, ki se je zadnja leta zelo povečevalo se spreminjajo tudi načini vzpostavljanja infrastrukture IT ter ponujanja storitev. Podjetja se vedno bolj srečujejo s problematiko, ki jo prinaša vprašanje, ali naj za svojo rast, razvoj, boljše delovanje in zaradi povečanih potreb po IT nadgradijo strojno ter programsko opremo v lokalnem okolju (ang. on-premise) oziroma se raje odločijo za moderen, v zadnjih letih hitro razvijajoči se model računalništva v oblaku (ang. cloud computing).

Računalništvo v oblaku je že kar dobro uveljavljen izraz za dolgoletne “sanje” o tehnologiji, ki bi omogočala boljšo uporabnost računalništva ter lahko pomembno zmanjšala IT stroške in kompleksnost, hkrati pa izboljšala optimizacijo delovne obremenitve in dobavo storitev. Z uporabo računalništva v oblaku je mogoče z malo oziroma skoraj brez začetnih stroškov vzpostaviti in razviti zahtevne programske storitve ter jih ponuditi uporabnikom preko in-

terneta. Kljub temu pa ima veliko ljudi pomisleke glede prehoda na rešitve storitev v oblaku ter bolj zaupajo rešitvam v lokalnem okolju. Za tako mišljenje sta glavna krivca zagotovo nadzor in varnost podatkov. Po drugi strani pa ponudniki računalništva v oblaku svoje storitve ponujajo po zelo ugodni ceni. To podjetjem omogoča, da svoja finančna sredstva, namesto v nakup strojne in programske opreme, novih prostorov, novih licenc ter v zaposlovanje novega osebja za vzdrževanje, lahko usmerijo drugam in se v celoti posvetijo svoji dejavnosti.

Cilj diplomske naloge je na konkretnem primeru pokazati kako se računalništvo v oblaku obnese v primerjavi z rešitvami v lokalnem okolju, ali je res že dovolj zrelo, zanesljivo in predvsem varno, da lahko upraviči ugodno ceno, kaj vse je potrebno za prehod sistema podjetja iz lokalnega okolja v oblak ter kako so s storitvami v oblaku zadovoljni uporabniki.

## **1.2 Opis problema in namen diplomske naloge**

V diplomskem delu je prikazano okolje srednje velikega slovenskega podjetja, postavljenega pred izziv posodobitve in konsolidacije sistema IT. Obstoječe stanje sistema namreč ne izpolnjuje več zahtev za učinkovito poslovanje in delovanje podjetja, zato se je vodstvo odločilo za prenovo sistema, ki temelji na rešitvi storitev v oblaku.

Podjetje se je pred kratkim povečalo ter razdelilo na tehnični in poslovni del. Obstoječa informacijska infrastruktura je sicer zadostovala potrebam pred širitvijo, ob razširitvi podjetja pa se je povečalo tudi število zaposlenih, ki jih je zdaj okoli 500. To je predstavljalo dodatno obremenitev za strojno opremo podjetja, ki se je tako nahajalo v fazi, ko se je potrebno odločiti za prenovo IT.

Eden od največjih izzivov, s katerim se je podjetje soočalo, je bil pomanjkanje prostora na diskovnem sistemu podatkovnega centra na njihovi lokaciji. S hi-

trim zasičenjem prostora nezadostno velikega diskovnega polja ter posledično nezmožnostjo shranjevanja novo prispele elektronske pošte in upočasnjeno povezavo prenosnih naprav zaposlenih s strežnikom podjetja, je naraščala frustracija med zaposlenimi in IT osebjem. Soočali so se s problemom kako uporabnikom povečati velikost poštnih predalov za elektronsko pošto in ob tem zagotoviti tudi redundanco v primeru izpada strežnika Microsoft Exchange, saj je njegovo neprestano delovanje obvezno za uspešno poslovanje podjetja.

Namen diplomske naloge je predstaviti možnosti rešitev prenove IT v podjetju in ugotoviti, katera izbira rešitev prenove je bolj ugodna in bolj primerna za majhna in srednje velika podjetja. Zanima nas odgovor na vprašanje, ali so pisarniške in pomnilniške rešitve storitev v oblaku bolj ugodne od rešitev v lokalnem okolju. Ker vprašanje predstavlja širok spekter primerjav med rešitvama, se bomo osredotočili na metrike kot so cena, zasedenost pomnilniškega prostora, upravljanje, razširljivost in vzdrževanje programske ter strojne opreme, licenciranje, varnost in tveganja ter dostop do podatkov oziroma aplikacij (predvsem preko prenosnih naprav). S storitvami v oblaku lahko podjetje (stranka) pridobi tako pri funkcionalnostih kot pri enostavnosti upravljanja IT ter tudi na odprtosti sistema za prihodnje nadgradnje. V diplomski nalogi bomo opisali celoten postopek prehoda sistema podjetja iz lokalnega okolja v oblak in predstavili vse prednosti, ki jih je podjetje s preходом pridobilo. Navedli bomo tudi slabosti prehoda oziroma tveganja, ki jih prej ni bilo.

## 1.3 Zgradba diplomske naloge

Na začetku oziroma v drugem poglavju bomo obravnavali nekatere možnosti rešitev prenove IT v lokalnem okolju. Uvodoma bomo spoznali različne vrste strežniške strojne opreme in tehnologijo sodobnih diskovnih sistemov ter njihove karakteristike. V nadaljevanju se bomo srečali z virtualizacijo. Predstavljene so različne vrste virtualizacije in konkretneje strežniška virtualizacija.



Na koncu poglavja so navedene nekatere prednosti in slabosti rešitev v lokalnem okolju.

V tretjem poglavju bomo obravnavali temo računalništva v oblaku, ki v računalništvu pomeni razmeroma novo področje in se neprestano razvija. Opisali bomo različne storitvene in namestitvene modele oblakov ter na koncu poglavja navedli nekatere prednosti in slabosti uporabe računalništva v oblaku.

Podjetje je za prenovu sistema in prehod v oblak izbralo ponudnika Microsoft oziroma njihov paket spletnih storitev Office 365. V četrtem poglavju bomo zato najprej predstavili paket storitev Office 365 in ga tudi primerjali s podobnim paketom spletnih storitev drugega ponudnika. Predstavili bomo stanje informacijske infrastrukture podjetja pred prenovi. Tu sta opisani ureditev in postavitev systemskega okolja podjetja, predstavljena pa je tudi možnost prenove IT na lokaciji podjetja. V nadaljevanju je opisan celoten postopek prehoda v oblak, pri tem pa so navedeni tako vsi sproti problemi in težave, ki so se ob prehodu iz lokalnega okolja podjetja v oblak pojavljali kot tudi njihove rešitve. Na koncu poglavja je prikazano stanje sistema podjetja po prenovi in možnosti nadaljnjega dela oziroma nadgradenj sistema.

Zadnje poglavje predstavlja zaključek, v katerem predstavimo ugotovitve glede rešitev prenove IT in prehoda v oblak.

## Poglavje 2

# Rešitve v lokalnem okolju

### 2.1 Uvod

Dandanes smo lahko priča neprestanim in hitrim spremembam, tako v sami organizaciji kot tudi v okolju, v katerem se podjetje nahaja. Te spremembe so vse bolj nepredvidljive. Dinamika sprememb okolja dviguje raven potreb po konkurenčnosti podjetja in po pospešitvi pretoka podatkov ter informacij znotraj podjetja in z njegovim okoljem. V želji po preživetju morajo podjetja izboljšati pristop do pridobivanja in posredovanja podatkov, kar jim omogoča boljše poslovanje. Danes je skoraj celotno poslovanje podprto z IT, brez katere podjetje enostavno ne more več konkurirati na tržišču. V resnici je IT podjetij le sredstvo za dosego cilja. Podjetja po vsem svetu investirajo ogromna sredstva za komunikacijsko in informacijsko tehnologijo. Njihova strojna in programska oprema je tako nameščena v lokalnem okolju, kar pomeni, da imajo v svojih prostorih, poleg vseh namiznih računalnikov, tiskalnikov, usmerjevalnikov in drugih naprav v pisarnah, točno določeno sistemsko sobo, v kateri je pozicionirana vsa preostala fizična infrastruktura (strežniki, diskovni sistemi, stikala, kablji itd.), na kateri pa je nameščena določena programska oprema. Podjetje mora za vso programsko opremo, ki jo uporablja imeti kupljene licence, saj je v nasprotnem primeru ne more oziroma ne sme uporabljati.

Mnogo podjetij je postavljenih pred izziv posodobitve IT. Cilj posodobitve je implementirati prenovljeno in potrebam sodobnega podjetja prilagojeno sistemsko okolje, ki naj bi olajšalo delo tako zaposlenim, kakor tudi njegovim upravljavcem ter tako omogočalo boljše poslovanje.

Dve izmed možnih rešitev posodobitve IT v lokalnem okolju podjetja sta:

- Širitev oziroma nadgradnja fizične zmogljivosti strojne opreme
- Virtualizacija na obstoječi strojni opremi

## 2.2 Širitev / nadgradnja strojne opreme

Strežnik je sistem (programska oprema in zmogljiv večuporabniški računalnik), ki se odziva na zahteve več odjemalcev prek omrežja, da zagotovi, ali pomaga zagotoviti različne storitve. Naloga strežnika je kontrolirati in omogočiti enemu ali več procesom odjemalca dostop do njegovih sredstev. Prekinjevalna večopravilnost (ang. preemptive multitasking) onemogoča, da bi en sam proces uporabil vsa sredstva, ki jih ima na voljo strežnik in tako oviral učinkovito izvajanje ostalih procesov. Aplikacije, ki so nameščene na strežniku morajo biti ograjene (ločene) druga od druge, da napaka ene aplikacije ne vpliva na izvajanje druge. Strežnik ima po navadi zagotovljeno redundanco za morebitno odpoved trdih diskov, s čimer v prvi vrsti preprečujemo izgubo podatkov, lahko pa ima tudi redundanco nekaterih drugih komponent, kar preprečuje morebiten izpad delovanja. Za delovanje strežnika je potrebno (vsaj) napajanje in priklop v omrežje [25].

Leta 2010 je bila v ZDA izvedena raziskava glede razlogov za nakup nove strežniške infrastrukture. Informacijski oddelki, ki so sodelovali v raziskavi, so izpostavili naslednje razloge [6]:

- povečanje kapacitete (46 %)
- povečanje virtualizacijskih zmožnosti (42 %)

- nadomestitev strežnikov, ki se bližajo koncu uporabnosti (ang. end-of-life) (39 %)
- podpora novim aplikacijam (38 %)
- izboljšava strežniških zmogljivosti (25 %)
- zmanjšanje površine uporabljenega prostora za strojno opremo in strežniška konsolidacija (24 %)

Strežnike ločimo glede na vlogo storitev, ki jih določen strežnik zagotavlja. Strežnik ima lahko tudi več vlog hkrati. Najbolj pogosto uporabljeni tipi strežnikov so:

- Aplikacijski strežnik (ang. application server)
- Datotečni strežnik (ang. file server)
- Podatkovni strežnik (ang. database server)
- Strežnik za elektronsko pošto (ang. mail server)
- Tiskalniški strežnik (ang. print server)
- Domenski strežnik (ang. directory server)
- Spletni strežnik (ang. web server)

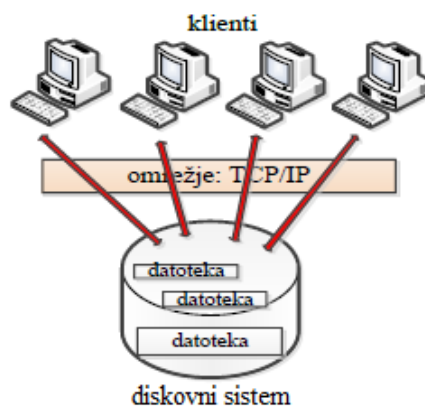
V podjetjih so strežniki najpogosteje združeni v gručo (ang. cluster) ali farmo (ang. farm), ki jo navadno vzdržuje podjetje samo. Farma je lahko sestavljena iz več sto oziroma tisoč strežnikov, kar daleč presega zmogljivosti enega samega strežnika [17]. Zaradi zagotavljanja visoke stopnje razpoložljivosti (ang. high availability), morajo strežniki v farmi delovati cel dan, vse dni v letu. To pomeni, da na optimalni ravni zmogljivosti za svoje delovanje potrebujejo zelo veliko električne energije in hlajenja, kar posledično pripelje do velikih stroškov za podjetje in nevarnosti za okolje. Tako je delovanje največjih farm strežnikov (na tisoče procesorjev in več) običajno omejeno z delovanjem hladilnih sistemov podatkovnega centra oziroma strežniške sobe podjetja in celotnimi stroški porabe električne energije [3].

Največji proizvajalci strežnikov so HP, Dell, IBM, Fujitsu in Cisco [28].

Trdi disk (ang. hard drive) strežnika je skupen (ang. shared). Ker ima do strežnikovega trdega diska zagotovljen dostop več naprav, se v velikem omrežju lahko zgodi, da naprave potrebujejo več pomnilniškega prostora (ang. storage), kot ga en sam strežnik lahko ponudi. V današnjem času se podjetje srečuje z ogromnimi količinami podatkov in informacij, ki morajo biti v večini primerov dostopne preko omrežja. Namesto dodajanja novih strežnikov, lahko obstoječe strežnike, zaradi pomanjkanja pomnilniškega prostora, slabšega pretoka podatkov ter večjih potreb po shranjevanju podatkov, informacij in aplikacij, povežemo z enim ali več diskovnimi sistemi (ang. storage systems). Diskovni sistem sestavlja, poleg procesnega dela in namenske programske opreme, diskovno polje (ang. disk array), ki ga sestavlja več trdih diskov. Danes je na trgu težko najti diskovni sistem srednjega ali visokega razreda, ki bi zadovoljil čisto vse potrebe kupca. V grobem delimo diskovne sisteme na take, ki omogočajo izmenjavo datotek (ang. file sharing) in delujejo na datotečnem nivoju, in take, ki delujejo na diskovnih blokih. V prvem primeru govorimo o NAS-u (ang. network attached storage), v drugem pa o SAN-u (ang. storage area network). V nadaljevanju sta predstavljeni obe možnosti:

- NAS - NAS okolje predstavlja preprost diskovni sistem, ki je povezan v omrežje. NAS sistemi so zasnovani predvsem za izmenjavo datotek (ang. file sharing) in omogočajo datotečni dostop (ang. file access) s pomočjo protokolov CIFS (ang. Common Internet File System) in NFS (ang. Network File System). Navadno vsebujejo več trdih diskov, kar sistemom v omrežju zagotavlja veliko skupnega prostora za shranjevanje podatkov v obliki datotek. Procesor in operacijski sistem NAS sistemov sta ustvarjena prav z namenom prenosa datotek do računalnikov v omrežju, ne da bi pri tem opravljala kakršnekoli dodatne naloge, ki lahko vplivajo na primarno funkcijo. Ker je NAS povezan v omrežje, lahko deluje kot centralno skladišče za datoteke, ki jih uporablja več računalnikov različnih

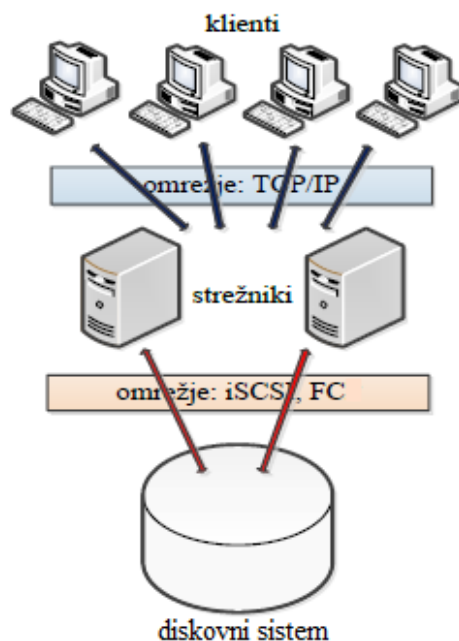
ponudnikov. To je velika prednost za podjetja, ki so se razširila v zelo hitrem času, in kjer so, poleg sodobne opreme, še vedno v uporabi starejši sistemi [13, 24]. Shematski prikaz NAS okolja prikazuje slika 2.1.



Slika 2.1: NAS okolje

- SAN - SAN okolje predstavlja kompleksen skupek strežnikov in pomnilniških naprav, medsebojno povezanih preko optičnega omrežja z nalogo shranjevanja in zaščite podatkov. SAN uporablja protokola iSCSI (ang. internet Small Computer System Interface) in FC (ang. Fibre Channel) za pošiljanje podatkov preko omrežja in za shranjevanje podatkov neposredno na diske v obliki bloka. Z uporabo omrežja ustvari SAN skupno zalogo (ang. shared pool) pomnilniških naprav. SAN lahko premika podatke med različnimi pomnilniškimi napravami, omogoča izmenjavo podatkov med različnimi strežniki in zagotavlja hitro varnostno kopiranje, obnovitev po katastrofah, arhiviranje ter pridobivanje podatkov. Naprave v SAN okolju so po navadi združene v enem prostoru, vendar jih lahko povežemo tudi preko dolgih razdalj, kar je zelo koristno za velika podjetja [18]. Shematski prikaz SAN okolja prikazuje slika 2.2.

Največji proizvajalci diskovnih sistemov so NetApp, EMC, IBM, HP, Dell



Slika 2.2: SAN okolje

in Hitachi [29].

## 2.3 Virtualizacija

Virtualizacija je skupno ime za vrsto tehnologij in programskih ter strojnih rešitev, ki prinašajo številne prednosti za podjetja in uporabnike, predvsem večjo zanesljivost in odzivnost informacijskega sistema, poenostavljeno vodenje in nadziranje, boljšo izkoriščenost opreme, lažje in hitrejša nadgradnje ter enostavnejše varnostno shranjevanje.

Virtualizacija je tehnika skrivanja fizičnih karakteristik računalniških virov glede na to, kako drugi sistemi, aplikacije ali končni uporabniki te vire vidijo. Lahko jo opredelimo tudi kot metodologijo deljenja virov strojne opreme v več izvršljivih okoljih (ang. executable environment) z uporabo konceptov,

kot so strojno ali programsko particioniranje, delna ali popolna strojna simulacija, emulacija, kakovost storitev in druge [22]. Virtualizacija v splošnem pomeni, da en fizični vir, na primer strežnik, operacijski sistem, aplikacija ali pomnilniška naprava, deluje kot več logičnih virov oziroma, da se več fizičnih virov predstavlja kot en logični vir.

Virtualizacija je danes postala pomembna tehnologija pri prenovi podjetniških informacijskih sistemov v svetu. Virtualizacija sistemov se uporablja tako pri velikih sistemih (ang. mainframe) v največjih svetovnih podjetjih (banke, farmacevtska industrija, državna uprava, ...), kot tudi pri sistemih v srednje velikih podjetjih. Raziskava, ki jo je izvedel Searchdatacenter.com, je pokazala, da gonilniki za povečano investiranje v virtualizacijo v prvi vrsti temeljijo na hitri povrnitvi investicije: prihranek pri stroških nakupa strojne opreme, prihranek pri stroških električne energije in hlajenja ter zmanjšanje površine uporabljenega prostora za strojno opremo (ang. floor space) [6].

Po poročilu IDC-ja (ang. International Data Corporation), ki je ena vodilnih ustanov na področju tržne inteligence in informacijskih svetovalnih storitev, sta za konsolidacijo in virtualizacijo strežniškega okolja dva pomembna razloga [19]:

- Za vsak dolar, ki ga porabimo za strojno opremo, porabimo 50 centov za električno energijo in hlajenje. Ta vrednost se zadnja leta stalno večja in je ena izmed glavnih gibal virtualizacije in konsolidacije.
- Podatkovni center je v povprečju izkoriščen 52 %, tretjina podatkovnih centrov pa zaseda ves razpoložljivi prostor.

V isti ustanovi so prišli do naslednjih podatkov glede porabe električne energije in smiselnosti konsolidacije in virtualizacije strežniške infrastrukture [19]:

- Neizkoriščena količina električne energije in hlajenja je vzrok za nedelovanje strežnikov ali diskovnih sistemov v 49 % podatkovnih centrih.
- Po poročilu APC-ja (ang. American Power Conversion) porabijo strežniki in diskovni sistemi 50 % in hladilne naprave 34 % vse električne energije.



- McKinsey (ameriško svetovalno podjetje) trdi, da je z virtualizacijo prihranimo 25-30 % električne energije.
- Po podatkih ameriškega urada za energijo se je poraba električne energije v podatkovnih centrih v zadnjih desetih letih podvojila in njen letni strošek znaša 4,1 milijarde dolarjev.

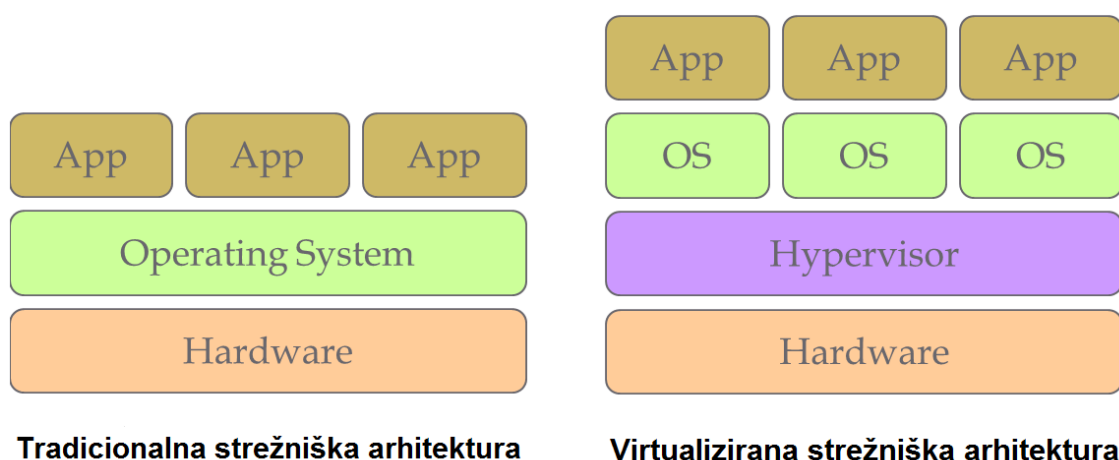
Danes je strežniška tehnologija toliko napredovala, da se v povprečju izkorišča le okoli 5-15 % njene procesorske zmogljivosti. Tako je najpogostejša strežniška virtualizacija, katere naloga je ta problem rešiti. Z uporabo virtualizacijskih programov lahko zmogljivosti strežnikov smotrneje izrabimo, s čimer se znižajo tudi stroški administracije in delovanja [15].

Pri virtualizaciji strežnikov je virtualizirana temeljna strojna oprema, kar omogoča delovanje več različnih operacijskih sistemov na enem strežniku. To v praksi pomeni, da lahko namesto več strežnikov za posamezno aplikacijo ali zbirko podatkov, uporabimo en zmogljiv strežnik, na katerega preselimo te sisteme. Z virtualizacijo strežnikov lahko enostavno konsolidiramo oziroma združimo strežnike, s čimer se bistveno izboljša izkoriščenost celotne strojne opreme ter poenostavi in izboljša varnost podatkov. Pojma s katerima se tu srečujemo sta gostitelj (ang. host machine) in gost (ang. guest machine). Prvi pojem se nanaša na fizični stroj, ki izvaja virtualizacijo, v drugem primeru pa označujemo virtualni stroj, ki je ustvarjen in deluje na gostiteljevi strojni opremi. Programsko opremo, ki virtualni stroj kreira in nadzira imenujemo hipernadzornik (ang. hypervisor). Primera hipernadzornika sta VMware vSphere in Microsoft Hyper-V.

Na spodnji sliki je prikazana arhitektura virtualiziranega strežnika v primerjavi s tradicionalno arhitekturo strežnika.

Ločimo tri tipe strežniške virtualizacije [8]:

- Virtualizacija operacijskega sistema teče na vrhu obstoječega operacijskega sistema gostitelja in ponuja knjižnice, s katerimi aplikacije komunicirajo, ter s tem ustvarja iluzijo, da aplikacije tečejo neposredno na



Slika 2.3: Tradicionalna in virtualizirana strežniška arhitektura

strojni opremi. Uporablja se v primeru, ko želimo ponuditi podoben niz funkcionalnosti nekega operacijskega sistema različnim uporabnikom, pri čemer uporabimo le enega gostitelja. To obliko virtualizacije s pridom uporabljajo ponudniki spletnih gostovanj, najdemo pa jo pri ponudnikih kot sta Oracle (del njihovega operacijskega sistema Solaris) in SWsoft z Virtuozzom.

- Pri polni virtualizaciji hipernadzornik zagotavlja posneto strojno okolje, na katerem deluje operacijski sistem. To posneto strojno okolje se imenuje nadzornik virtualnega stroja oziroma VMM (ang. Virtual Machine Monitor). VMM zagotavlja standardizirano strojno okolje, na katerem deluje in z njim komunicira operacijski sistem gosta oziroma virtualnega strežnika. Ker torej operacijski sistem in VMM tvorita paket, se lahko ta prestavlja z enega gostitelja na drugega, čeprav se lahko gostitelja po vgrajeni strojni opremi razlikujeta. Hipernadzornik leži med VMMjem in fizično strojno opremo gostitelja in prevaja klice, ki jih VMM pošilja določenim virom fizičnega stroja. Pri tem pristopu virtualizacije aplikacije tečejo v izoliranem operacijskem sistemu, pri čemer lahko teče več

operacijskih sistemov hkrati, vsak v svojem VMMju. Ta pristop podpira ne le več operacijskih sistemov, temveč tudi različne. Slaba stran posnemanja strojne opreme je, da vpliva na zmogljivost, kar pomeni, da določena aplikacija navadno teče počasneje v virtualnem okolju kot na fizičnem. Tipična predstavnika te vrste virtualizacije sta VMware ESX strežnik in Microsoft Hyper-V.

- Paravirtualizacija predstavlja drugačen pristop k strežniški virtualizaciji. Namesto da bi posnemali kompletno strojno okolje, predstavlja virtualizacijski program tanko plast, ki porazdeljuje dostop operacijskih sistemov gosta do pod njimi ležečih virov fizičnega stroja. Bistvena prednost je, da predstavlja manjšo obremenitev, saj je programska koda zelo majhna. Pri paravirtualizaciji deluje tanka programska plast kot usmerjevalnik, ki enemu nad njo ležečemu operacijskemu sistemu dovoli dostop do strojnih virov, medtem ko morajo ostali operacijski sistemi nanje počakati. Druga prednost je, da virtualizacijski program ne vsebuje gonilnikov, temveč uporablja tiste iz operacijskega sistema. Slaba stran pa je, da paravirtualizacija zahteva prirejanje operacijskega sistema, da bi lahko ta komuniciral s paravirtualizacijskimi vmesniki. To pa lahko dosežemo le z dostopom do programske kode operacijskega sistema, kar omogočajo odprtokodni operacijski sistemi, kot so na primer Xen, Linux in OpenSolaris.

Vodilni ponudniki virtualizacije strežnikov so prikazani na sliki 2.4.



Slika 2.4: Ponudniki virtualizacije strežnikov

Pojem virtualizacija se ne uporablja le pri strežnikih, temveč tudi pri po-

mnilniškem prostoru, mrežah, aplikacijah, namizjih, upravljanju. Poleg virtualizacije strežnikov tako poznamo tudi:

- Virtualizacijo pomnilniškega prostora (ang. storage virtualization), ki se nanaša predvsem na NAS in SAN okolji. Kot smo že omenili sestavlja diskovni sistem, poleg procesnega dela in namenske programske opreme, tudi diskovno polje iz več trdih diskov. Diskovni sistem lahko zagotavlja blokovski dostop (ang. block access) in datotečni dostop (ang. file access). Virtualizacija na tej stopnji je torej blokovska in datotečna. Blokovska se nanaša na ločitev (abstrakcijo) logičnega in fizičnega pomnilniškega prostora (LUN in fizični disk), datotečna pa odpravlja odvisnost med podatki, do katerih dostopamo na datotečnem nivoju, in lokacijo, kjer so ti fizično shranjeni.  
V prihodnjih letih predvidevamo povečano virtualizacijo pomnilniškega prostora. Gonilo za povečanje je potreba po vedno več pomnilniškega prostora, ne da bi za to povečali procesorsko moč. V ospredju bo metoda, ki omogoča dodeljevanje več pomnilniškega prostora strežnikom, kot ga je fizično dejansko na voljo (ang. thin provisioning).
- Virtualizacijo omrežja (ang. network virtualization), katera zagotavlja abstraktno plast, ki ločuje fizično omrežje od poslovnih servisov in omogoča več aplikacijam, da tečejo vzporedno po istem fizičnem omrežju.
- Virtualizacijo upravljanja (ang. management virtualization), katera temelji na tehnologijah, ki upravljajo celoten podatkovni center, fizični in virtualni, in predstavlja poenoteno infrastrukturo za oskrbovanje s storitvami.
- Virtualizacijo namizja (ang. desktop virtualization), ki omogoča, da s pomočjo virtualnih strežnikov ustvarimo novo uporabniško namizje. S tem dobimo centralizirano okolje za namestitev namizij in posledično znižamo stroške distribucije, saj uporabniki dostopajo do svojih namizij preko tankih klientov (ang. thin client) [21].

- Virtualizacijo aplikacij, ki je po konceptu najbližja strežniški virtualizaciji. Pri tem tipu virtualizacije se preko virtualizacijske plasti ustvari izolacija določenega programa ali storitve na nivoju operacijskega sistema. Za svoje delovanje takšna aplikacija še vedno potrebuje operacijski sistem. Prednost pa je v tem, da je med namestitvijo takšne aplikacije operacijski sistem povsem zaščiten pred kakršnimi koli spremembami, ki bi jih sicer nevirtualizirana aplikacija lahko naredila. Ko se aplikacija virtualizira, s postopkom ne zajame vsega namestitvenega procesa, temveč le aplikacijo v delujočem stanju.

Čeprav so vse zgoraj omenjene možnosti že kar nekaj časa na voljo, njihov razvoj še vedno teče naprej. Podjetja, ki se še niso odločila za virtualizacijo svojega okolja, se zaradi vse privlačnejših rešitev z virtualizacijskega področja, zaradi izpopolnitve tehnologije in njene ceno pri prenovi IT, v okviru finančnih zmožnosti znajdejo pred odločitvijo, kaj in kako virtualizirati takoj ter s čim počakati do naslednje prenove. Glede na to, da se take sisteme kupuje za vsaj triletno obdobje, kolikor običajno znaša proizvajalčeva servisna pogodba, se lahko zgodi, da bo novi sistem že ob nakupu prikrajšan za ključne tehnologije, ki lahko pomenijo tudi večjo zanesljivost poslovanja.

## 2.4 Prednosti in slabosti rešitev v lokalnem okolju

Obe opisani rešitvi posodobitve IT v lokalnem okolju podjetja prinašata tako prednosti, kot tudi slabosti. Ker sta rešitvi združljivi in se v praksi taka rešitev tudi največkrat uporablja, bomo v nadaljevanju predstavili združene prednosti in slabosti obeh rešitev.

### 2.4.1 Prednosti

Nekatere pozitivne lastnosti, ki jih prinaša prenova IT v lokalnem okolju podjetja so [5, 9, 30, 31]:

- Nadzor in dostopnost: Ker si pri rešitvah v lokalnem okolju podjetje lasti celotno strojno in programsko opremo, so vse aplikacije in podatki fizično shranjeni na lokaciji podjetja. To omogoča maksimalen nadzor in dostopnost aplikacij in podatkov, upravljanje celotnega sistema ter neodvisnost od vseh zunanjih ponudnikov storitev.
- Zanesljivost: Zanašanje na notranje ekipe strokovnjakov, da se zagotovi visoka stopnja delovanja sistema, varnost in zaščita podatkov in sistema, okrevanje po katastrofah, kakovost storitev za stranke, nove tehnologije in upravljanje podatkovnega centra.
- Varnost in zaščita: Zagotovljeni sta s požarnim zidom (ang. firewall), virtualnim privatnim omrežjem (ang. Virtual Private Network - VPN), zaznavanjem vdorov (ang. intrusion detection), spletnim filtrom in filtrom za neželeno elektronsko pošto (ang. spam), omogočeni pa sta tudi zaščita proti zlonamernem programju (ang. malware) ter protivirusna (ang. anti-virus) zaščita.
- Integracija: Omogočanje ekipam strokovnjakov, da ohranijo popoln nadzor nad strojnim in programskim okoljem, vključno z možnostjo izbire tistih aplikacij tretjih oseb (ang. third-party), ki so najbolj primerne za delovanje na fizični infrastrukturi podjetja.
- Prilagodljivost in fleksibilnost: Veliko število ponudnikov rešitev v lokalnem okolju ponuja večjo prilagodljivost, saj obstaja veliko možnosti kombiniranja strežniške opreme in virtualizacije različnih ponudnikov. Tako se lahko zmanjša tveganje za zunanje napade in kršitev varnosti podatkov. Virtualizacija še povečuje mero fleksibilnosti, saj lahko strežnike, z osnovnimi upravljavskimi orodji, upravljamo in nadziramo na daljavo.
- Izogibanje morebitnim težavam, povezanim z večnajemniškimi okolji: Z

rešitvami v lokalnem okolju se lahko izognemo potencialnim slabostim večnajemniške (ang. multi-tenancy) arhitekture, vključno s tem, da določen najemnik redno porablja večino sistemskih virov, večjo občutljivostjo, problematiko razširljivosti in potencialnimi vprašanji ter dvomi o varnosti podatkov.

- Več vrst varnostnega kopiranja na lokaciji: Podatki se po navadi hranijo v pomnilnikih strežnika ali diskovnih sistemih. Zaradi varnosti se lahko v določenih intervalih podatki enostavno kopirajo na drug sistem ali trak (ang. tape). Pri diskovnih sistemih se pojavlja tudi Snapshot tehnologija, katere cilj je narediti berljivo kopijo produkcijskega volumna, ki lahko nato služi kot podlaga za varnostno kopiranje podatkov na drug sistem. To omogoča hitro povrnitev posameznih virtualnih strežnikov ali le dela njihovih datotek v prvotno stanje, s čimer se prepreči, da bi lahko kakršna koli napaka v upravljanju s strežnikom povzročila daljši zastoj v poslovnem procesu. Na nivoju virtualizacije obstaja tudi tehnologija DataRecovery. Z njo se vsi pomembni virtualni stroji kopirajo na cenejšo verzijo NAS sistema kot slika operacijskega sistema (ang. image).

### 2.4.2 Slabosti

Žal pa prenova IT v lokalnem okolju prinaša tudi veliko negativnih lastnosti. Največji problem so zagotovo začetni stroški oziroma skupni stroški lastništva opreme (ang. total cost of ownership). Zaradi potrebe po vse zmogljivejši strojni opremi in po novih aplikacijah se stroški nakupa in vzdrževanja večajo. Virtualizacija te stroške sicer nekoliko zmanjša, vendar je širitev podjetja in s tem povečanje števila strežnikov in namizij vseeno dolgotrajen in drag proces, ki vključuje vpeljavo nove opreme v produkcijsko okolje in je nemalokrat povezan tudi s povečanjem sistemske sobe ter povečano potrebo po električni energiji in hlajenju. Nekateri najpomembnejši stroški pri prenovi IT v lokalnem okolju podjetja so [30, 32]:

- Strošek nakupa strežniške strojne opreme.
- Strošek nakupa diskovnega sistema.
- Strošek nakupa programske opreme – licenciranje: Licenciranje je tradicionalni pristop za nakup programske opreme. Ta model zahteva, da stranke plačajo enkratno pristojbino za nakup licenc za uporabo programske opreme. Po navadi se enkrat letno zaračunajo še dodatni stroški za vzdrževanje programske opreme, ki vključuje vse posodobitve in podporo.
- Strošek povečanja prostora, ki ga zavzema nova strojna oprema: Je neobvezen strošek in do njega pride le v primeru povečanja oziroma preureditve sistemske sobe.
- Strošek električne energije za pogon in hlajenje.
- Strošek redne sistemske administracije: Ker v nekaterih primerih sistemski administratorji podjetja niso tako vešči upravljanja z novo strojno in programsko opremo, podjetja sklepajo vzdrževalne pogodbe s specializiranimi podjetji, kar posledično pripelje do stroška zunanjega vzdrževanja strojne in programske opreme.
- Strošek izpada produkcije zaradi načrtovanih vzdrževalnih del: Predvidena nadgradnja strojne ali programske opreme, prekonfiguracija sistema ipd.
- Strošek izpada produkcije zaradi nenačrtovanega izpada sistema: Je posredni strošek, katerega vzrok je na primer odpoved strojne opreme.

Poleg stroškov se pojavljajo tudi nekatere druge slabosti rešitev v lokalnem okolju [6, 30, 32]:

- Uvedba nove strojne in programske opreme je zamudno opravilo, saj lahko od potrebe do njune umestitve v proizvodni proces traja tudi po teden dni ali več.



- Zaradi morebitnih daljših motenj na električnem omrežju je možno, da bo prihajalo do izpadov sistema, zato je brez brezprekinitvenega napajanja (ang. uninterruptable power supply - UPS), pričakovati težave.
- Ločene skupine strokovnjakov v organizaciji so potrebne za podporo, namestitve ter vzdrževanje strojne in programske opreme, kar pogosto vpliva na produktivnost zaposlenih in dostopnost sistema.
- Ponudnik morda čez nekaj let ne bo več podpiral svojih rešitev in izdajal zahtevanih posodobitev, podpore ali nadgradenj.
- Nekatere komponente ali strežniki v nekaj letih dosežejo konec življenjske dobe, hkrati pa se lahko zgodi, da se rezervni deli za zastarelo strojno opremo sploh ne izdelujejo več.
- Večina rešitev v lokalnem okolju ne zagotavlja varnosti za uporabnike mobilnih naprav oziroma zahtevajo drage dodatne elemente za implementacijo varnosti. Ti elementi pa predstavljajo še dodatno IT komponento, ki jo je treba upravljati in vzdrževati. Nekatere rešitve v lokalnem okolju lahko mobilnim napravam celo omejujejo dostop do poslovnih aplikacij in podatkov.
- Virtualizacija naredi sistem kompleksnejši: Virtualizacija res lahko zmanjša število fizičnih strežnikov, vendar je po drugi strani potrebno spremljati delovanje posameznega virtualnega strežnika, katerih je lahko veliko več kot fizičnih ter celotne virtualizirane infrastrukture.

## Poglavje 3

# Računalništvo v oblaku

### 3.1 Uvod

Računalništvo v oblaku je rezultat evolucije in prilagoditve mnogih obstoječih tehnologij. Predstavlja možnost preoblikovanja precejšnega dela IT industrije, tako da programska oprema postaja storitveno usmerjena in oblikuje nadaljnji razvoj ter nakup strojne opreme. Razvijalci internetnih storitev za raziskovanje in razvoj ne potrebujejo velikih finančnih izdatkov za nakup, vodenje in vzdrževanje strojne opreme ter namestitve aplikacij v programsko okolje. Odveč so skrbi neizkoriščenosti ali preobremenjenosti strežnih kapacitet za uporabo storitev. Zahtevam uporabnikov se je možno prilagajati in omogočiti optimalno razpoložljivost storitev. Novost, ki je v svetu IT že kar dobro poznana, je elastičnost virov, ki jih lahko prilagajamo glede na zahteve, in s tem omogočimo cenovno ugodno paralelno procesiranje. Uporaba 1000 strežnikov v eni uri stane nič več, kot če bi uporabili 1 strežnik za 1000 ur [1].

Računalništvo v oblaku se nanaša na aplikacije dostavljene kot storitev preko interneta, kot tudi na strojne in programske sisteme (dinamična razširljivost ter virtualizacija), ki so zunaj uporabnikove lokacije (so fizično v podatkovnih centrih ponudnikov računalništva v oblaku) in zagotavljajo te storitve. Kot je razvidno iz slike 3.1, so računalniška sredstva dostopna s spletnim brskal-

nikom, aplikacijo ali preko programskega vmesnika. Podrobnosti delovanja računalništva v oblaku so skrite očem uporabnika – stvari se izvajajo “nekje v oblaku”. Uporabnik po končanem delu plača le najemnino računalniških virov (stojne in / ali programske opreme), vendar le toliko kot je porabil – po potrebi, podobno kot v gospodinjstvu plača elektriko, vodo, plin, itd. Glavni namen računalništva v oblaku je ravno ta, da se uporabnik lahko nemoteno osredotoči na svoje delo ter se ne obremenjuje s programsko oziroma strojno opremo, na koncu pa poravna znesek svoje uporabe oziroma ”najema” računalniških virov.

Ameriški Nacionalni inštitut za standarde in tehnologijo računalništvo v oblaku definira kot model, ki povsod (iz katerekoli lokacije) omogoča primeren omrežni dostop na zahtevo do deljene množice nastavljivih računalniških virov (npr. omrežja, strežnikov, pomnilniških sistemov, aplikacij in storitev), ki jih je mogoče hitro določiti in sprostiti z minimalnim upravljalnim naporom ali minimalno interakcijo ponudnika storitev [14].



Slika 3.1: Računalništvo v oblaku [26]

Model oblaka je sestavljen iz petih bistvenih karakteristik, treh storitvenih modelov ter štirih namestitvenih modelov.

Bistvene karakteristike modela oblaka so [14]:

- “samopostrežna“ storitev na zahtevo: Uporabnik lahko brez interakcije s ponudnikom storitev enostransko določi računalniške zmogljivosti (npr. čas strežniške strežbe in velikost omrežnega pomnilnika), ki jih dejansko potrebuje.
- širok omrežni dostop: Omrežni dostop do računalniških virov je omogočen za širok razpon naprav (npr. pametni telefoni, tablice, prenosni in osebni računalniki).
- dodeljevanje virov: Računalniške zmogljivosti se uporabnikom dodeljujejo dinamično glede na njihove zahteve. Uporabnik ne pozna točne lokacije njemu dodeljenega vira, kar omogoča lokacijsko neodvisnost.
- elastičnost: Računalniške zmogljivosti se določajo in sproščajo elastično ter se tako lahko sorazmerno prilagajajo zahtevam. Uporabnikom so računalniške zmogljivosti, ki so na voljo za določanje, pogosto videti kot neskončno velike ter na voljo ob vsakem času.
- merjena storitev: Uporabo virov je mogoče spremljati, meriti, nadzirati in optimizirati ob zagotovljeni transparentnosti tako za ponudnika storitev kot za uporabnika. Uporabnik na koncu poravnava znesek svoje uporabe oziroma ”najema” računalniških virov.

Veliko ljudi računalništvo v oblaku enači z virtualizacijo. Čeprav je virtualizacija ena izmed temeljnih tehnologij, ki omogoča delovanje računalništva v oblaku, se med seboj vseeno precej razlikujeta in ju ne moremo enačiti. Glavna razlika med njima je, da samopostrežni model ni bistvena komponenta virtualizacije, medtem ko je pri računalništvu v oblaku ključni koncept za zagotavljanje razpoložljivosti storitev vsem končnim uporabnikom ob kateremkoli času [23].

Storitvene in namestitvene modele oblaka bomo opisali v naslednjih pod poglavjih.

## 3.2 Storitveni modeli računalništva v oblaku

Pri računalništvu v oblaku poznamo tri osnovne modele storitev [14]:

- **IaaS - Infrastructure as a Service** (infrastruktura kot storitev):  
Zagotovljene so strojne zmogljivosti, pomnilniške kapacitete, povezljivost ter ostali temeljni računalniški viri, kamor uporabnik lahko namesti ter zaganja poljubno programsko opremo. Z virtualizacijo računalniških virov sta doseženi elastičnost in iluzija o neskončni kapaciteti. Uporabnik ne more upravljati in kontrolirati fizične infrastrukture oblaka, saj je ta zanj neznana, ima pa nadzor nad operacijskim sistemom in nameščenimi aplikacijami. Primera IaaS sta Amazonov EC2 in GoGrid.
- **PaaS - Platform as a Service** (platforma kot storitev):  
Definirana je kot množica programskih ter razvijalskih orodij, ki jih nudi ponudnikova infrastruktura. Na infrastrukturo oblaka je omogočena namestitev aplikacij, ki jih je uporabnik izdelal sam s pomočjo ponudnikovih programskih jezikov, knjižnic, storitev ali drugih orodij.  
Največkrat ima platforma vsakega ponudnika svojo specifično domeno, tako da večinoma ni namenjena splošno-namenskimi aplikacijam, vendar le specifičnim za ponudnika, ki jo ponuja. Zato večinoma ni interoperabilnosti in prenašanja podatkov ter aplikacij med platformami. Uporabnik ne more upravljati in kontrolirati fizične infrastrukture oblaka in operacijskega sistema, ima pa nadzor nad nameščenimi aplikacijami in nastavitvami okolja, ki aplikacije gosti. Primera PaaS sta Google AppEngine in Microsoft Azure.
- **SaaS - Software as a Service** (programska oprema kot storitev):  
Omogočena je uporaba ponudnikovih aplikacij, ki so nameščene na infrastrukturi oblaka. Do aplikacij je mogoče dostopati iz različnih uporabni-

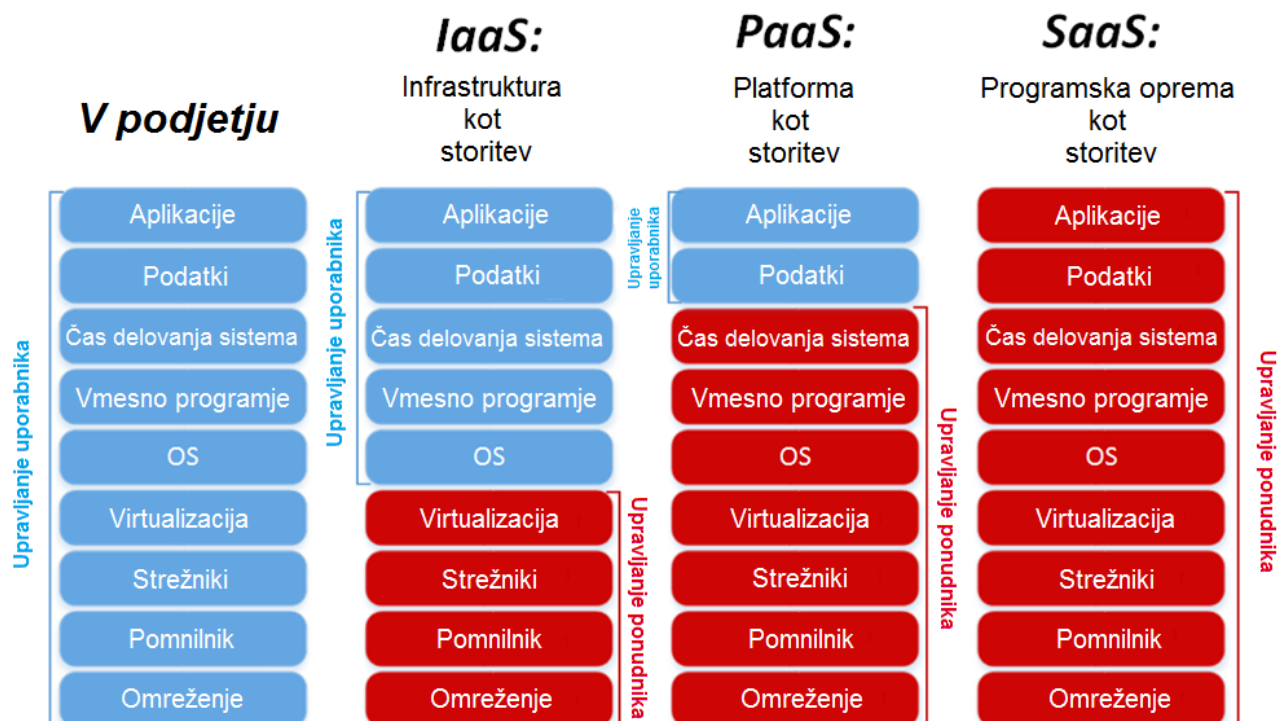
kovih naprav preko internetnega brskalnika ali programskega vmesnika. Uporabnik ne more upravljati in kontrolirati fizične infrastrukture oblaka in operacijskega sistema ter nima nadzora nad nameščenimi aplikacijami. Ureja lahko le določene osnovne nastavitve posameznih aplikacij in shranjuje podatke. Uporabniku ni potrebno namestiti posamezne aplikacije na svojo lastno napravo, vendar ta zgolj preko določenega vmesnika dostopa do storitve, pri čemer je vzdrževanje aplikacije bolj enostavno. Bistvena prednost takih aplikacij je njihova prožnost, kar pomeni, da se ob veliki zahtevnosti posamezne manjše naloge porazdeli na več virtualnih naprav. Obremenitev oblaka se večinoma porazdeli po celotnem oblaku oziroma po vseh virtualnih napravah. Tega končni uporabnik ne zazna, saj se zgodi transparentno.

Ponudniki storitev uživajo enostavno namestitev programske opreme, vzdrževanje in centraliziran nadzor. Končni uporabniki pa lahko do storitve dostopajo kjerkoli in kadarkoli. Za končnega uporabnika je pomembno le to, da aplikacija deluje, samo delovanje storitve pa ga ne zanima. Primeri SaaS so Gmail, Facebook, Google Apps, Microsoft Office 365.

Na sliki 3.2 je prikazano upravljanje infrastrukture posameznega storitvenega modela oblaka. Kot lahko vidimo, pri SaaS-u celotno infrastrukturo upravlja ponudnik. Za primerjavo je prikazano tudi upravljanje infrastrukture v lokalnem okolju podjetja, kjer vso infrastrukturo upravlja uporabnik sam oziroma podjetje samo.

V zadnjem času se kot nadgradnja osnovnih storitvenih modelov oblaka pojavljajo tudi izrazi:

- AaaS - Application as a Service: dostop na zahtevo do aplikacij.
- DaaS - Database as a Service: dostop na zahtevo do podatkovne baze.
- Strategy as a Service: dostop na zahtevo do planiranja ter svetovanja o strategijah poslovanja.



Slika 3.2: Upravljanje infrastrukture različnih modelov

- NaaS – Network as a Service: dostop na zahtevo do povezovalnih storitev omrežja oziroma do povezovalnih storitev omrežja med oblaki. NaaS vključuje optimizacijo dodeljevanja virov s prikazom omrežja in računalniških virov kot povezane celote.
- Cloud as a Service, Security as a Service, Management as a Service.

### 3.2.1 Primerjava storitvenih modelov

Z virtualizacijo računalniških virov dosežemo elastičnost in iluzijo o neskončni kapaciteti, sama implementacija deljenja in multipleksiranja virov pa je skrita pred razvijalcem oziroma uporabnikom. Različne ponudbe računalništva v oblaku se razlikujejo glede na stopnjo abstrakcije in načina upravljanja z

viri [1].

Vsem trem osnovnim modelom storitev je skupno to, da računalniške zmogljivosti zagotavljajo ponudniki storitev, medtem ko končni uporabnik, za uporabo le-teh, potrebuje zgolj osebni računalnik ali prenosno napravo in dostop do omrežja. Razlika med posameznimi modeli je tudi v nivoju znanja uporabnika. Ta mora biti bistveno višji pri modelu infrastruktura kot storitev kot pa pri modelu platforma kot storitev oziroma programska oprema kot storitev, kjer mora uporabnik znati zgolj uporabljati aplikacijo, ki je nameščena v oblaku. Uporabnik prvega modela mora imeti računalniško znanje s področja infrastrukture ter operacijskega sistema, na katerem storitev bazira, znati pa mora tudi upravljati aplikacije. To prikazujejo tudi primerjave posameznih storitvenih modelov.

Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud) je tipičen predstavnik prvega modela, se pravi infrastrukture kot storitve. Ena EC2 instanca je z vidika uporabnika zelo podobna običajni strojni opremi. Nadzorujemo celoten programski sklad od jedra operacijskega sistema navzgor. Na instanci lahko gostujemo katerikoli tip aplikacije. Nizek nivo virtualizacije omogoča razvijalcem, da uporabljajo instance na enak način, kot to počnejo z običajnimi fizičnimi strežniki. Na drugi strani pa to onemogoča podjetju Amazon, da bi ponudil avtomatsko skaliranje, saj je le-ta odvisna predvsem od aplikacije in zanjo skrbi uporabnik sam.

Amazon preko svojega nabora spletnih storitev Amazon Web Services sicer ponuja tudi storitve na višjih nivojih abstrakcije, ki jih lahko uporabljamo v kombinaciji z EC2, vendar se te ne uporabljajo prav pogosto, predvsem zaradi zakasnitev in nestandardnih vmesnikov API [1, 27].

Predstavnik drugega storitvenega modela, platforme kot storitve, je Google AppEngine podjetja Google. Namenjen je izključno tradicionalnim spletnim aplikacijam, ki morajo temeljiti na “zahteva-odgovor” (ang. request-reply) arhitekturi. Zaradi teh omejitev AppEngine ni primeren za splošno-namenske



aplikacije [1]. Google AppEngine je domensko specifična platforma, ki razvijalcem omogoča, da njihova spletna aplikacija teče in gostuje na infrastrukturi podjetja Google. Aplikacije so enostavne za razvoj in vzdrževanje, visoko razpoložljive ter skalabilne glede na promet in potrebo po virih, za njihovo nemoteno delovanje pa ni potrebe po prisotnosti administratorja.

Vmesni model med popolnoma aplikacijsko platformo, kot je Google AppEngine ter virtualno infrastrukturo, kot je Amazon EC2, je Azure podjetja Microsoft. Azure aplikacije so napisane preko .NET knjižnic in prevedene v programsko neodvisno okolje, Common Language Runtime (CLR). Tako si uporabniki lahko izberejo poljuben programski jezik (v okviru CLR), ne morejo pa vplivati na nameščen operacijski sistem in izvajalno okolje. Knjižnice omogočajo določeno stopnjo avtomatske skalabilnosti in konfiguracije omrežja, vendar mora razvijalec to določiti v lastnostih aplikacije. Azure podpira splošno-namenske aplikacije in ne le neko specifično kategorijo aplikacij [1].

Različne potrebe, opravila in povpraševanje se tako odražajo v zahtevi po različnih storitvenih modelih računalništva v oblaku. Neko splošno pravilo kateri model je boljši oziroma kateri model je najbolje izbrati, ne obstaja. Prav tako kot lahko visokonivojske programske jezike implementiramo z nizkonivojskimi, lahko visoko upravljavski modeli oblaka gostujejo na nižje upravljavskih. Na primer, AppEngine bi lahko gostoval na platformah Azure in EC2, Azure bi lahko gostoval na EC2. Vsekakor ima vsak model svoje prednosti in slabosti in na strani uporabnika je izbrati tistega, ki mu glede na potrebe in za delo najbolj ustreza [1].

### **3.3 Namestitveni modeli oblaka**

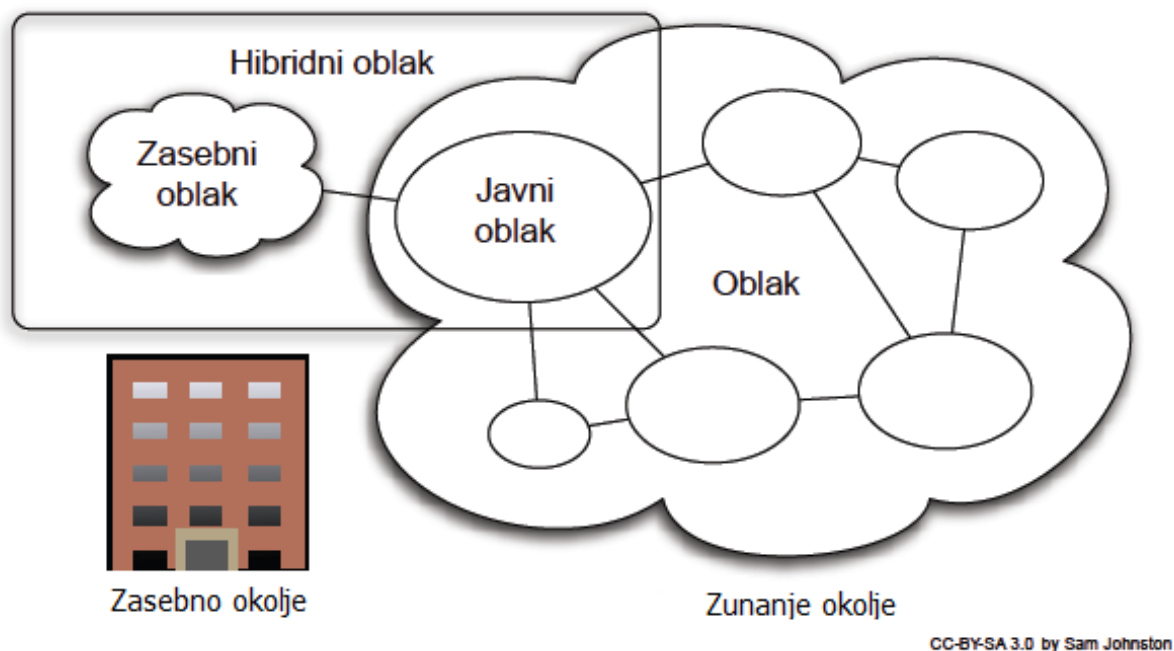
Poznamo tri osnovne namestitvene modele oblakov, ki jih lahko uporabnik oziroma organizacija uporablja [14]:

- **Public Cloud** - javni oblak je dostopen širši javnosti. Upravljajo ga ponudniki storitev, ki svoje računalniške vire ponujajo uporabnikom. Končni uporabniki točne lokacije infrastrukture ne poznajo, viri pa se jim skalabilno prilagajajo glede na potrebo. Po koncu uporabe uporabniki ponudnikom plačajo najemnino za uporabo virov.
- **Private Cloud** - zasebni oblak je postavljen izključno za določeno organizacijo. Zasebni oblak zajema infrastrukturo, ki jo upravlja in koristi organizacija. Ponavadi se vsi računalniški viri nahajajo na isti lokaciji. Ker ni dostopen širši javnosti in je postavljen znotraj organizacije (za požarnim zidom), sta tudi varnost in nadzor nad podatki ter sistemom večja.
- **Hybrid Cloud** - hibridni oblak je sestavljen iz javnega in zasebnega oblaka. Javni in zasebni oblak sta še vedno ločeni entiteti, vendar sta med seboj povezana s standardizirano tehnologijo, vmesnikom, ki omogoča prenos podatkov in aplikacij med njima. Hibridni oblak podjetju omogoča uporabo storitev in aplikacij javnega oblaka, kar je za podjetje stroškovno ugodno, medtem ko so zaupni in osebni podatki varno shranjeni v zasebnem oblaku podjetja.

V povezavi s hibridnim oblakom se velikokrat pojavlja izraz cloud bursting – eksplozija oblaka, ki je aplikacijski namestitveni model, kjer aplikacija teče v privatnem oblaku ali zasebnem podatkovnem centru podjetja in preide v javni oblak, ko računalniške zmogljivosti dosežejo svoj vrh. Prednost take namestitve hibridnega oblaka je, da podjetje plača uporabo dodatnih računalniških sredstev samo takrat, kadar so le-ta potrebna [20].

Slika 3.3 prikazuje vse tri osnovne namestitvene modele računalništva v oblaku ter razmerja med njimi.

Pojavlja se tudi izraz Community Cloud – oblak skupnosti, ki izhaja iz javnega oblaka. Oblak skupnosti zajema infrastrukturo, ki si jo deli in upo-



Slika 3.3: Namestitveni modeli oblaka

rablja več organizacij oziroma specifična skupnost, katero družijo skupni cilji, zahteve ali problemi. Tako vrsto oblaka lahko upravljajo organizacije, ki so v skupnosti ali zunanji ponudniki [14].

### 3.4 Varnost računalništva v oblaku

Obstaja več varnostnih pomislekov povezanih z računalništvom v oblaku. Ponudniki morajo zagotoviti, da je njihova infrastruktura varna in da so podatki in aplikacije njihovih uporabnikov dobro varovani, medtem ko se morajo uporabniki prepričati, da je ponudnik sprejel ustrezne varnostne ukrepe za zaščito njihovih podatkov. Eden največjih problemov za uporabnike je dejstvo, da so njihovi podatki dostopni preko interneta, kar posledično pripelje do vprašanja kdo bo do njihovih podatkov lahko dostopal. Večina ponudnikov v svojih

pogodbah SLA (ang. Service Level Agreement) obljublja, da bodo podatki uporabnika njihovih storitev varni in zasebni. Vendar je tudi z razvojem programske opreme za nadzor oblaka (ang. cloud-monitoring), ki je sicer še v povojih, zmožnost stranke, da nadzira kdo točno si ogleduje katere podatke (predvsem kdo v okviru njene organizacije jih uporablja), še vedno zelo omejena. Tipični problemi varnosti in zasebnosti oblaka, s katerimi se morajo soočiti vsi uporabniki so [4, 11, 12]:

- Shranjevanje in prenos podatkov: Ponudnik mora zagotoviti, da bodo vsi kritični podatki (na primer številke kreditnih kartic, uporabniška imena, gesla, digitalna potrdila) prikriti, in da bodo imeli dostop do podatkov v celoti samo pooblaščen in avtorizirani uporabniki [16]. Kritične podatke sicer lahko šifriramo oziroma kriptiramo lokalno, še preden jih pošljemo v oblak, vendar to lahko prinaša probleme pri nadaljnji obdelavi le-teh v oblaku. Rešitev je implementacija hibridnega oblaka, kjer manjši privatni oblak hrani podatke in je del interne organizacije.
- Upravljanje ranljivosti in sanacija po katastrofah: Ponudnik storitev v oblaku mora imeti jasno določeno strategijo kako se bo soočal z ranljivostjo sistema ter z izpadi delovanja, ki so velik problem. Ponudnik mora uporabnikom omogočiti okrevanje sistema po katastrofah, kar posledično lahko zagotavlja neprekinjeno poslovanje.
- Varnost dinamičnega dodajanja. Lastnost dinamičnega dodajanja virov lahko ustvari nevarnost, da so viri enega uporabnika dodeljeni drugemu uporabniku.
- Varnost infrastrukture: Vsaka stranka želi, da je varnost infrastrukture ponudnika storitev večja kot pri njej sami. Vsak ponudnik mora imeti pregledno arhitekturo svoje infrastrukture, ki mora biti razvidna iz varnostne politike infrastrukture ponudnika.
- Varnost aplikacij: Več kot 75 % napadov se zgodi preko spletnih aplikacij. Čeprav je izpostavljenost napadom podobna kot, če bi imeli aplikacije v

lokalnem okolju, gre pri računalništvu v oblaku za zelo velik obseg spletnih aplikacij, nad katerimi pa uporabniki nimajo nikakršnega nadzora. Za zagotavljanje varnosti spletnih aplikacij mora ponudnik zagotoviti naslednje lastnosti:

- Zaupnost (ang. confidentiality): Dostop do podatkov imajo le avtorizirani uporabniki.
  - Celovitost (ang. integrity): Ohranja se neokrnjenost podatkov.
  - Razpoložljivost (ang. availability): Informacije in storitve so vedno na voljo uporabnikom.
- Upravljanje identitete (ang. identity management): Vsako podjetje bi moralo imeti svoj sistem za upravljanje identitet, ki opisuje upravljanje posameznih identitet, njihovo overjanje, avtorizacijo, vloge, pravice in privilegije za nadzor dostopa do informacij, podatkov in računalniških virov. Ponudniki oblaka lahko bodisi vključijo uporabnikov sistem za upravljanje identitete v svojo infrastrukturo, ali pa morajo, za upravljanje identitete uporabnikov, zagotoviti svojo lastno rešitev.

Če oblak ni dovolj dobro zaščiten, lahko do podatkov dostopajo nezaželeni osebe. Prav tako so strežniki ponudnika lahko tarča poskusa vdorov in napadov, ali pa pride do izpada delovanja. V najhujšem primeru ponudnik storitev izgubi vse podatke, kar pomeni, da tudi uporabniki lahko ostanejo brez vseh svojih podatkov. K preprečitvi izgube podatkov veliko pripomore že repliciranje podatkov v oblaku, najbolj varno pa je zagotovo, da sami skrbimo za izdelavo varnostnih kopij, ki so shranjene na naši lastni infrastrukturi [16].

### 3.5 Prednosti in slabosti računalništva v oblaku

Računalništvo v oblaku je bistveno spremenilo način dostave IT storitev končnim uporabnikom. Namesto, da si lastijo in sami upravljajo IT storitve, ali, da uporabijo pristop zunanjega izvajanja (ang. outsourcing), ki temelji na namenski

strojni in programski opremi ter podpornih storitvah, lahko uporabniki za izpolnitev svojih IT zahtev uporabljajo fleksibilen in hitro skalabilen model na zahtevo, ki ne zahteva nikakršnega lastništva. Računalništvo v oblaku tako prinaša veliko prednosti. Poleg vseh prednosti in koristi pa se seveda pojavljajo tudi slabosti in nevarnosti. Vsak uporabnik, ki želi uporabljati storitve računalništva v oblaku, mora pred samo uporabo dobro premisliti o vseh pozitivnih ter negativnih lastnostih uporabe. Vse prednosti, kot tudi slabosti računalništva v oblaku pa so odvisne od načina in obsega implementacije storitev oblaka.

### 3.5.1 Prednosti

Nekatere koristi, ki jih prinaša računalništvo v oblaku so [1, 2, 12, 16]:

- Zmanjšanje stroškov: Uporaba računalništva v oblaku zmanjša trud in zniža stroške, povezane z vzdrževanjem in upravljanjem infrastrukture, platforme ali programske opreme, in tako prihrani precej stroškov, povezanih z delovanjem informacijskih sistemov. Podjetja lahko z minimalnimi stroški bistveno povečajo svoje zahteve po virih. Tako lahko optimizirajo svoje stroške glede na dejansko zasedenost virov. Prednosti imajo tudi ponudniki, saj aplikacije tečejo na poznanih platformah. Tako odpadejo problemi z različnimi konfiguracijami sistemov pri uporabnikih, s čimer se znižajo stroški testiranja, odpravljanja napak in vzdrževanja. Veliko aplikacij pa je tudi brezplačnih za uporabo.
- Skalabilnost: Najete kapacitete se dinamično prilagajajo zahtevam stranke oziroma ravnem obremenitve. To pomeni, da lahko podjetja po potrebi bistveno povečajo ali zmanjšajo svoje kapacitete in zmogljivosti v relativno kratkem času. Prilagodljivost računalništva v oblaku se kaže v tem, da lahko podjetja dodatne vire uporabljajo le ob časovnih konicah, ko so zahteve po virih največje. Ko dodatnih virov ne potrebujejo več, jih enostavno sprostijo. Uporabniki pri skaliranju ne občutijo slabše od-

zivnosti aplikacij. Skalabilnost podjetjem omogoča povečanje oziroma zmanjšanje zmogljivosti po potrebi, da zadovoljijo spreminjajoče se potrebe poslovanja.

- Dostopnost: Storitve računalništva v oblaku so dostopne kjerkoli in kadarkoli, edini pogoj je dostop do interneta. To zaposlenim prinaša hitrejši in lažji dostop do storitev ter posledično boljšo produktivnost, podjetju pa omogoča konkurenčno prednost.
- Zanesljivost: Aplikacije so nameščene na več strežnikih. Tako je poskrbljeno za storitve in podatke v primerih morebitnih naravnih katastrof ali človeških napak. To podjetjem prinaša neprekinjeno poslovanje in okrevanje v primeru katastrof oziroma napak.
- Vzdrževanje: Ponudniki storitev sami poskrbijo za vzdrževanje sistema. Uporabnikom za dostop do storitve ali aplikacije ni potrebno na lasten računalnik namestiti dodatne programske opreme, potrebujejo le spletni brskalnik ali vmesnik API. Tako se zelo zmanjšajo potrebe po vzdrževanju storitve ali aplikacije.
- Trajnostnost: Zaradi slabega načrtovanja in izkoriščenosti sredstev je večina podatkovnih centrov ekonomsko neučinkovitih in nevarnih za okolje. Preko izkoriščanja ekonomij obsega in zmogljivosti za bolj učinkovito upravljanje sredstev, porabi računalništvo v oblaku veliko manj energije in drugih sredstev kot tradicionalni podatkovni center.

### 3.5.2 Slabosti

Pri uporabi storitev računalništva v oblaku je zelo pomembno, da vnaprej prepoznamo potencialne nevarnosti in tveganja, tako kot pri vseh novih ali obstoječih investicijah v IT. Varnost in zasebnost sta torej dve ključni lastnosti, na kateri moramo biti zelo pozorni pri uporabi storitev v oblaku. Poleg njiju se pri računalništvu v oblaku lahko pojavljajo tudi nekatere drugi nevarnosti, ki so [1, 7, 12, 16]:

- Slaba interoperabilnost: Zaradi pomanjkanja standardov obstaja možnost nezdružljivih storitev med različnimi ponudniki in posledično velika odvisnost od izbranega ponudnika. S tem je stranka omejena le na storitev, ki jo ponuja ponudnik. Temu pravimo zaklepanje s strani ponudnika (ang. vendor lock-in). Poznamo tri tipe takega zaklepanja, in sicer zaklepanje platforme (ang. platform lock-in), zaklepanje podatkov (ang. data lock-in) in zaklepanje orodij za upravljanje (ang. tools lock-in). Stranka zaradi odvisnosti od ponudnika postane ranljiva pri višanju cen storitev, zanesljivosti storitev ali celo stečaju izbranega ponudnika.
- Neprestane spremembe: Zahteve uporabnikov se nenehno spreminjajo. To so spremembe po uporabniških vmesnikih, načinu komunikacije in shranjevanju podatkov. To pomeni, da oblak, še posebej javni, ne bo ostal nespremenjen, temveč se bo nenehno spreminjal. Uporabniki pa nad spremembami oblaka seveda nimajo pregleda.
- Izpolnjevanje pogodbenih obveznosti: Stranka mora pred uporabo storitev v oblaku podrobno prebrati vse pogoje ponudnikovih SLA pogodb, kjer je definirana raven in dostopnost storitev, kakovost podpore, zmogljivost in delovanje storitev, ali celo nekateri drugi atributi storitev, kot so obračun storitev ter varnost in zasebnost podatkov. Vladne organizacije (Federal Information Security Management Act (FISMA) in The Sarbanes–Oxley Act (SOX) v ZDA ter Data Protection Directive v EU) in mednarodna organizacija PCI Security Standards Council so samo nekatere izmed mnogih, ki določajo, kakšna naj bi bila pravila varnosti in skladnosti, ki temeljijo na tipu podatkov in tipu v oblaku uporabljenih aplikacij. V EU imajo zakonodajno podporo o varstvu podatkov vse države članice EU, medtem ko je v ZDA povsem drugače. V ZDA ima praktično vsaka zvezna država svoj zakon o varstvu podatkov. Ker se oblak lahko razteza preko več držav, za varstvo ter zasebnost podatkov v vsaki državi veljajo drugačni zakoni. Kot smo že omenili v podpoglavju Varnost računalništva v oblaku se to slabost lahko reši s kriptiranjem po-



datkov oziroma z implementacijo hibridnega oblaka. Urad informacijske pooblaščenke Republike Slovenije je med prvimi v Evropi izdal smernice glede varstva osebnih podatkov pri računalništvu v oblaku. Podatke lahko posredujemo le takemu ponudniku storitev, ki izpolnjuje zahteve zakonodaje s področja varstva osebnih podatkov [10].

- Stalna in dovolj hitra internetna povezava: Brez internetnega dostopa računalništva v oblaku enostavno ni. Če pride do izpada internetne povezave pri ponudniku internetnih storitev oziroma se znajdemo na področju, kjer je hitrost povezave slaba ali pa je sploh ni, izgubimo dostop do vseh storitev in aplikacij oblaka ter posledično tudi do podatkov.

## Poglavje 4

# Prehod iz lokalnega okolja v oblak

### 4.1 Microsoft Office 365

Microsoft Office 365 je programski nabor spletne pisarne in SaaS-a na osnovi naročnine, ki ponuja dostop do različnih storitev in programske opreme zgrajene okoli Microsoft Office platforme. Gostuje v Microsoftovih podatkovnih centrih, skladnih z zahtevami standardov SAS 70 in ISO 27001 [33].

Office 365 združuje namizno zbirko pisarniških programov Office 2013 s storitvami za elektronsko pošto, sodelovanje in komunikacije v oblaku. Te storitve so brezhibno povezane in podjetju zagotavljajo najboljšo izkušnjo storilnosti. Varnost informacij zagotavljajo visoka zanesljivost in možnosti za ponovno vzpostavitev podatkov v podatkovnih centrih z geografsko redundanco ter samodejnim prenosom obremenitev v primeru izpada. S preprosto skrbniško nadzorno ploščo lahko zlahka upravljamo možnosti, nastavitve in vpeljavo storitve v celotnem podjetju. Office 365 administratorjem preko spletnega portala omogoča potrebne možnosti za upravljanje in zagotavljanje varnosti ter nadzora, obenem pa podjetja z njegovo uporabo porabijo manj časa in denarja za posodabljanje in nadgradnje strežnikov. Office 365 vsebuje finančno podprte

pogodbe SLA, ki zagotavljajo 99,9 % zanesljivost.

Uporabnikom Office 365 zagotavlja najnovejše različice rešitev Office Professional Plus, Exchange Online, SharePoint Online in Lync Online. Na voljo je tudi funkcija "Office na zahtevo" (ang. Office on demand), ki uporabnikom omogoča, da lahko začasno uporabljajo zbirko Office 2013 na kateremkoli združljivem računalniku, ne da bi jo v celoti namestili. Office 365 uporabnikom na praktično katerikoli napravi (vključno z osebnimi in prenosnimi računalniki, tablicami ter mobilnimi telefoni) in skoraj povsod po svetu zagotavlja dostop do elektronske pošte, pomembnih dokumentov, stikov in koledarjev ter do podpore prek telefona, spleta ali elektronske pošte 24 ur na dan in vse dni v letu. Poslovna orodja so s storitvami Office 365 na voljo za predvidljive mesečne stroške in brez začetnih naložb v infrastrukturo. V nadaljevanju so na kratko opisane storitve, ki jih Office 365 zagotavlja [33]:

- Microsoft Office Professional Plus:

Je najnovejša različica zbirke Microsoft Office in omogoča brezhibno uporabo namiznih in spletnih aplikacij Microsoft Word, Excel, PowerPoint in OneNote, ki so zagotovljene prek storitev v oblaku. Spletne aplikacije uporabnikom omogočajo, da v brskalniku ustvarjajo in pregledujejo dokumente ter dodajajo preproste spremembe.

- Microsoft Exchange Online:

Storitev Exchange Online vključuje elektronsko pošto s poštnimi predali velikosti 25 GB, koledarje in stike v oblaku. Dopolnjujejo jo posodobljene vgrajene rešitve za nadzor in večplastno zaščito pred virusi ter neželeno elektronsko pošto. Vključena je možnost dostopa do elektronske pošte s praktično katerekoli mobilne naprave ter dodatne možnosti za glasovno pošto, poenoteno sporočanje in arhiviranje.

- Microsoft SharePoint Online:

Storitev SharePoint Online med zaposlenimi podpira povezano sodelovanje v oblaku. Zagotavlja centralizirano lokacijo za izmenjavo dokumentov in informacij s sodelavci, partnerji ter strankami. Združljivost

z aplikacijami Office omogoča preprosto shranjevanje dokumentov neposredno v SharePoint platformo. Uporabniki tako lahko od praktično kjerkoli dostopajo do dokumentov in informacij, ki jih potrebujejo, kar jim omogoča, da na projektih sodelujejo v realnem času. Vključena je tudi podpora za družabna omrežja ter napredne možnosti prilagoditve.

- Microsoft Lync Online:

Lync Online je komunikacijska storitev v oblaku, ki uporabnikom nudi informacije o prisotnosti, neposredno sporočanje (ang. instant messaging), avdio in video klice ter bogato izkušnjo spletnih sestankov (vključno z avdio, video in spletnimi konferencami). Komunikacijo s sodelavci, strankami in partnerji iz občasnih pogovorov preoblikuje v učinkovito izkušnjo sodelovanja in povezovanja.

Office 365 je storitev za več uporabnikov, kar pomeni, da so podatki razporejeni po različnih virih strojne opreme. Podatki podjetja so torej lahko shranjeni na isti strojni opremi kot podatki drugih strank. Shranjevanje in obdelava podatkov sta logično ločena med strankami s pomočjo specializirane tehnologije domenskih storitev Active Directory, razvite posebej za ta namen. Za organizacije, ki želijo dodatno ločitev podatkov, je na voljo različica storitve Office 365, pri kateri so njihovi podatki shranjeni na temu namenjeni strojni opremi [33].

Microsoft nudi dosledno, obširno in transparentno politiko zasebnosti, v kateri poudarja, da stranka ostane lastnik svojih podatkov. Če se ta odloči, da želi prenehati z uporabo storitev Office 365, ji Microsoft storitve naslednjih 90 dni zagotavlja z omejenimi funkcionalnostmi, tako da lahko stranka v tem času izvozi svoje podatke. Microsoft stranki prav tako pošlje številna obvestila, preden izbriše vse njene podatke [34].

## 4.2 Primerjava z drugimi rešitvami

Vseeno pa se Office 365 na trgu sooča z vse večjo konkurenco drugih ponudnikov podobnih storitev. Eden takih je podjetje Google s svojim paketom storitev v oblaku Google Apps. V nadaljevanju bomo med seboj primerjali nekatere lastnosti spletnih storitev paketov Google Apps in Office 365 za srednje velika podjetja.

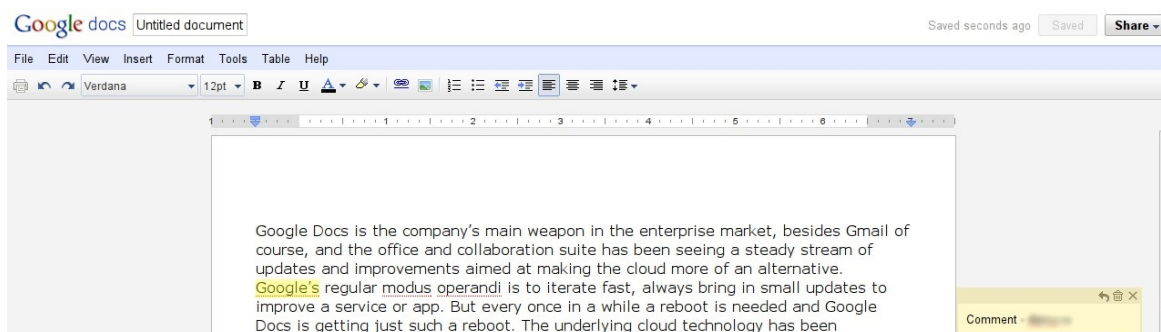
Kot lahko vidimo na sliki 4.1, zagotavljata oba paketa storitev rešitve za vse primerjane lastnosti. Vendar se te rešitve vseeno nekoliko razlikujejo.

Lastnost	Google Apps		Office 365	
Procesiranje teksta	Google Docs	Document	Office Web Apps	Word
Predstavitve		Presentation		PowerPoint
Preglednice		Spreadsheet		Excel
Sodelovanje ter izmenjava in upravljanje dokumentov	Google Docs in Google Sites		Office Web Apps in SharePoint Online	
Sinhronizacija dokumentov	Document, Presentation in Spreadsheet		Word, PowerPoint, Excel in OneNote	
Elektronska pošta	Gmail		Exchange Online	
Avdio in video konference	Google Talk		Lync Online	
Obvestila, sestanki in opravila	Google Calendar		Exchange Online	
Upravljanje dokumentov preko mobilnih naprav	Google Docs		SharePoint Online	
Cena uporabe	Brezplačno		Plačilo naročnine	

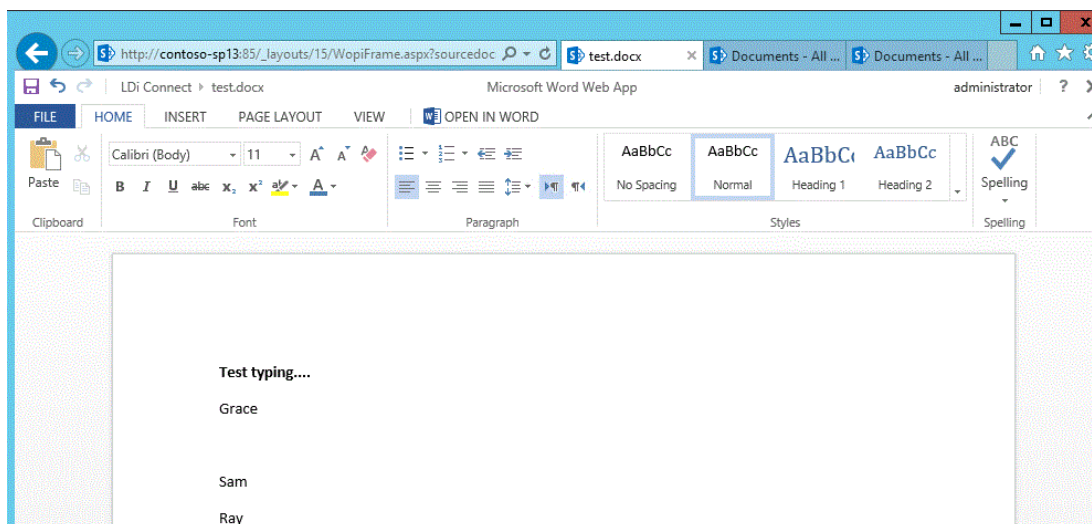
Slika 4.1: Primerjava spletnih storitev paketov Google Apps in Office 365

Na slikah 4.2 in 4.3 lahko vidimo, da za procesiranje teksta vsebujeta tako Document kot Word intuitiven vmesnik, ki je enostaven za uporabo. Prednost Worda je možnost urejanja dokumentov PDF, vendar pa ima Google možnost samodejnega shranjevanja, ki je ključnega pomena. Največja razlika se pokaže pri preglednicah. Excel je v veliki prednosti, saj ponuja uporabo formul in

omogoča veliko lažje urejanje celic preglednic. Pomembna prednost spletnih storitev Office 365 je, da delujejo z vsemi že obstoječimi namiznimi aplikacijami zbirke Office ter jih lahko celo nadomestijo [35].



Slika 4.2: Google Docs Document



Slika 4.3: Office Web Apps Word

Storitvi Google Docs in Google Sites ponujata veliko rešitev za sodelovanje uporabnikov, vendar je to še vedno na manjši, bolj osnovni ravni kot pri spletni storitvi SharePoint Online, kjer se lahko skupine v podjetju preko cen-

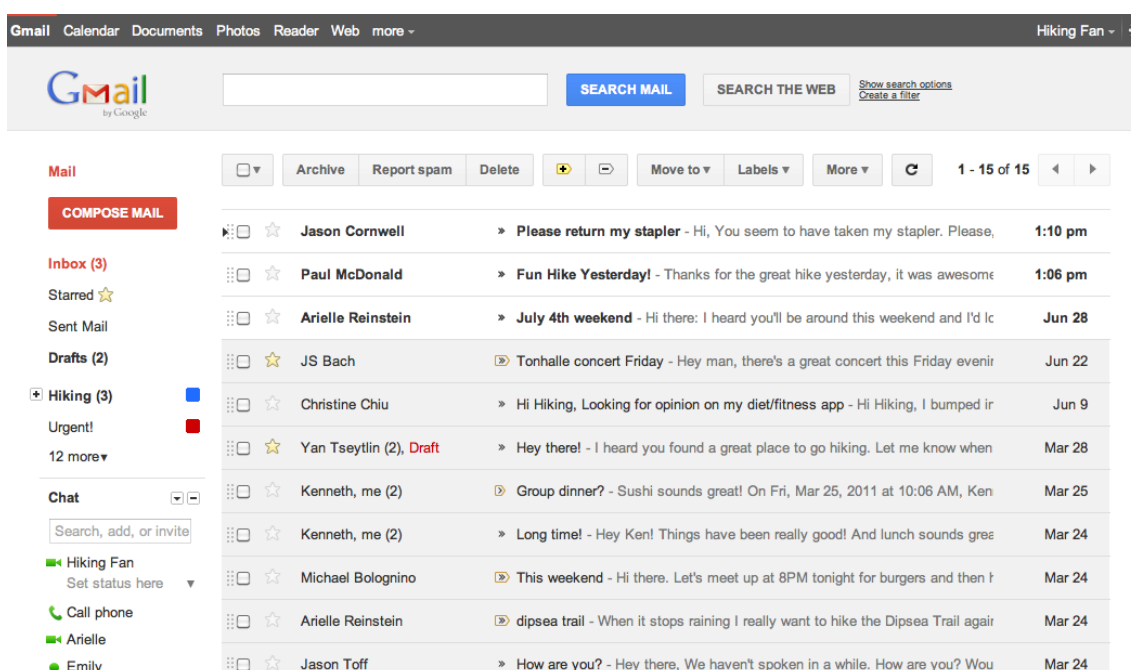
tralizirane lokacije povežejo in tako med seboj delijo dokumente, koledarje, sestanke, obvestila in podatke. SharePoint Online omogoča tudi integracijo s storitvijo Exchange Online, povezavo namiznih uporabnikov z uporabniki v oblaku in pregled vseh oseb v skupinah ter poslovnih partnerjev in strank podjetja. Za sinhronizacijo dokumentov Google ponuja orodje, imenovano Google Cloud Connect for Microsoft Office, ki uporabnikom omogoča sinhronizacijo Word, PowerPoint in Excel dokumentov z dokumenti Google Apps. To uporabnikom sicer zagotavlja uporabo Microsoftovih dokumentov, vendar z veliko omejitvami in z zelo okrnjenimi možnostmi urejanja. Office 365 pa seveda vse dokumente namizne zbirke Office podpira v celoti. Ključna prednost storitve SharePoint Online je, da Microsoft, za preprečitev izgube podatkov zagotavlja neprekinjeno izdelavo varnostnih kopij, katerih pa Google ne zagotavlja.

Slika 4.4 prikazuje primerjavo lastnosti spletnih storitev za elektronsko pošto Gmail in Exchange Online. Tako Gmail kot tudi Exchange Online

<b>Elektronska pošta</b>	<b>Gmail</b>	<b>Exchange Online</b>
Velikost poštnega predala	25 GB	25 GB
Varnost	<p>HTTPS povezava do Gmail-a</p> <p>Kriptiranje elektronske pošte na podlagi vsebine</p> <p>Upravljanje prejetja in pošiljanja sporočil na podlagi IP naslova, naslova elektronske pošte in domene</p>	<p>Povezava z Exchange Online z VPN tunelom preko zaščitenega SSL tunela</p> <p>Protokola POP3 in IMAP SSL za TCP kriptiranje povezave z Exchange Online</p> <p>Upravljanje prejetja in pošiljanja sporočil na podlagi IP naslova, naslova elektronske pošte in domene</p>
Zaščita	Zaščita pred virusi in neželeno elektronsko pošto	Zaščita pred virusi in neželeno elektronsko pošto
Sinhronizacija z AD	Sinhronizacija s strežniki LDAP	Sinhronizacija s strežniki LDAP

Slika 4.4: Primerjava lastnosti spletnih storitev Gmail in Exchange Online

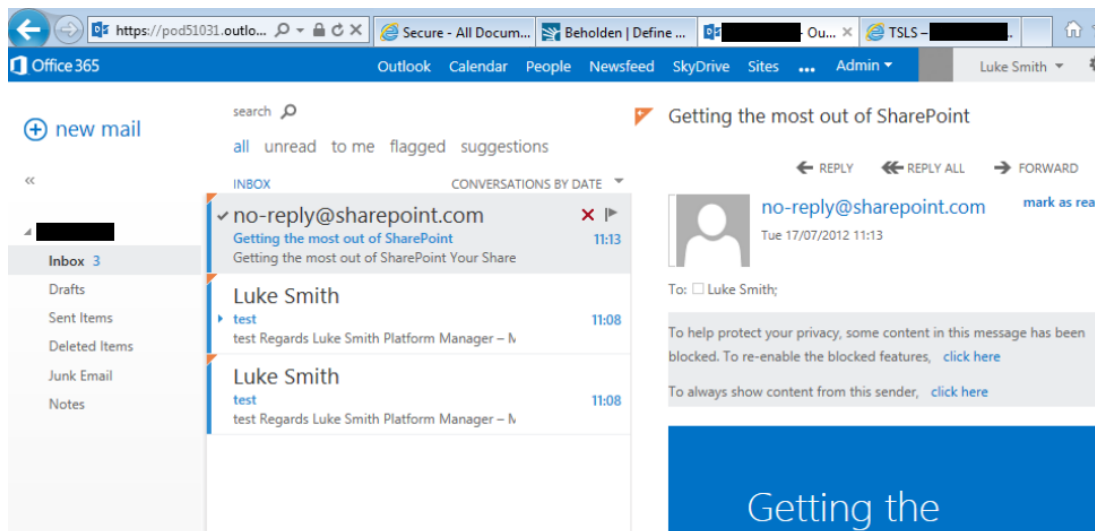
omogočata upravljanje z elektronsko pošto in zagotavljata podobne varnostne ukrepe. Pomembna prednost Office 365 je, da Microsoft stranki, na njeno zahtevo, lahko pove kje in v katerem podatkovnem centru se njeni podatki nahajajo ter kako so zavarovani, medtem ko je pri Google-u vse to neznanka [35]. Na sliki 4.5 je prikazana spletna storitev Gmail, na sliki 4.6 pa Exchange Online.



Slika 4.5: Storitvev Gmail

Storitev Google Talk omogoča posodobitve statusa prisotnosti zaposlenih, prenos datotek, glasovni in video pogovor ter z namestitvijo dodatka Google Apps Vault tudi arhiviranje sporočil. Office 365 zagotavlja enake lastnosti prek storitve Lync Online. Lync Online se lahko brez težav poveže tudi z ostalimi spletnimi storitvami Office 365 in tako ponuja večji nabor poslovnih možnosti za urejanje avdio in video konferenc preko brskalnika ter njihovo





Slika 4.6: Storitve Exchange Online

boljše delovanje.

Organizacija sestankov je nedvomno najpomembnejša lastnost katerekoli poslovne programske opreme. Oba paketa storitev ponujata koledar z možnostjo določanja točnega datuma, časa, teme in opisa dogodka ter možnostjo opomnika na dogodek. Koledar Exchange Online vsebuje veliko bolj prefinjen nabor orodij, ki so na voljo za obveščanje o dogodkih, preprečevanje konfliktov med dogodki, prikaz prisotnosti posameznih uporabnikov na dogodku, urejanje vabil na dogodek, avtomatsko razporejanje sejnih sob za dogodke in arhiviranje opravil ter sestankov.

Vse spletne storitve paketov Google Apps in Office 365 so dostopne preko različnih mobilnih naprav (Android, Windows, Blackberry in iPhone). Pregled in urejanje dokumentov storitev Google Apps je možno preko spletnega brskalnika naprave oziroma preko mobilne aplikacije Google Drive, ki pa je na voljo le za Android in iPhone mobilne telefone. Uporabniki storitev Office 365 pa lahko preko spletnega brskalnika mobilnega telefona, za urejanje doku-

mentov dostopajo do centraliziranih lokacij, ali pa uporabijo mobilne verzije Office Web Apps aplikacij, kar jim prinaša boljšo preglednost in enostavnejšo uporabo določenega tipa dokumenta [35].

Največja prednost spletnih storitev paketa Google Apps je, da so te za uporabo na voljo zastonj, uporaba storitev paketa Office 365 pa zahteva plačilo naročnine. Vendar lahko na podlagi zgornjih primerjav hitro ugotovimo, da je Office 365 bolj primeren za uporabo v poslovnem okolju.

### 4.3 Stanje sistema pred prenovo

Prvotni sistem podjetja je bil sestavljen tako iz fizične kot tudi iz virtualne strojne opreme. Fizična strojna oprema je zajemala en IBM-ov strežnik, ki je skrbel za domeno, v našem primeru Microsoftov domenski strežnik Active Directory (AD) in IBM-ov diskovni sistem. V ADju je bil shranjen seznam vseh zaposlenih v podjetju oziroma vseh uporabnikov sistema, v diskovnem sistemu pa so bili shranjeni vsi njihovi predali elektronske pošte. Vsakemu uporabniku je bilo za elektronsko pošto namenjeno le 2 GB prostora, kar pa je bilo ob načinu poslovanja podjetja občutno premalo in tako se je prostor hitro zapolnil. Dodatne težave so se pojavile s širitvijo podjetja in zaposlovanjem novega osebja. Virtualna strojna oprema je vsebovala tri virtualne strežnike. Prvi je služil kot dodatni strežnik Active Directory. Fizični in virtualni strežnik AD sta bila združena v gručo, kar je zagotavljalo redundanco na dveh različnih platformah. Ob okvari enega strežnika je drugi prevzel celotno delovanje. Ostala dva virtualna strežnika sta bila del strežnika Microsoft Exchange. Eden je prevzel vlogo CAS (ang. client access server) in je služil za dostop in povezavo uporabnikov do njihovih poštnih predalov v strežniku Exchange, drugi pa je deloval kot strežnik Exchange Edge Transport, ki skrbi za usmerjanje (ang. routing) elektronske pošte med javnim internetom in strežnikom Exchange.

Pri podjetju so vedeli, da je za odpravo pomanjkanja prostora v strojni opremi na lokaciji, potrebno investirati sredstva v nove rešitve. Če bi hoteli rešiti problem na lokaciji, bi morali kupiti vsaj en dodatni fizični strežnik, ki bi služil kot strežnik Exchange za redundanco in diskovni sistem za povečanje prostora. To bi jih pripeljalo do novega problema, in sicer nakupa še enega dodatnega diskovnega sistema za zagotavljanje redundance vse elektronske pošte, ki je shranjena na diskovnem sistemu. Poleg nove strojne opreme pa bi moralo podjetje kupiti še vse ustrezne licence za namestitev in uporabo programske opreme na novi strojni opremi. Dosedanje izkušnje sistemskih administratorjev podjetja kažejo, da je uvedba novega strežnika zamudno opravilo, saj lahko do njegove umestitve v proizvodni proces traja tudi po teden dni ali več.

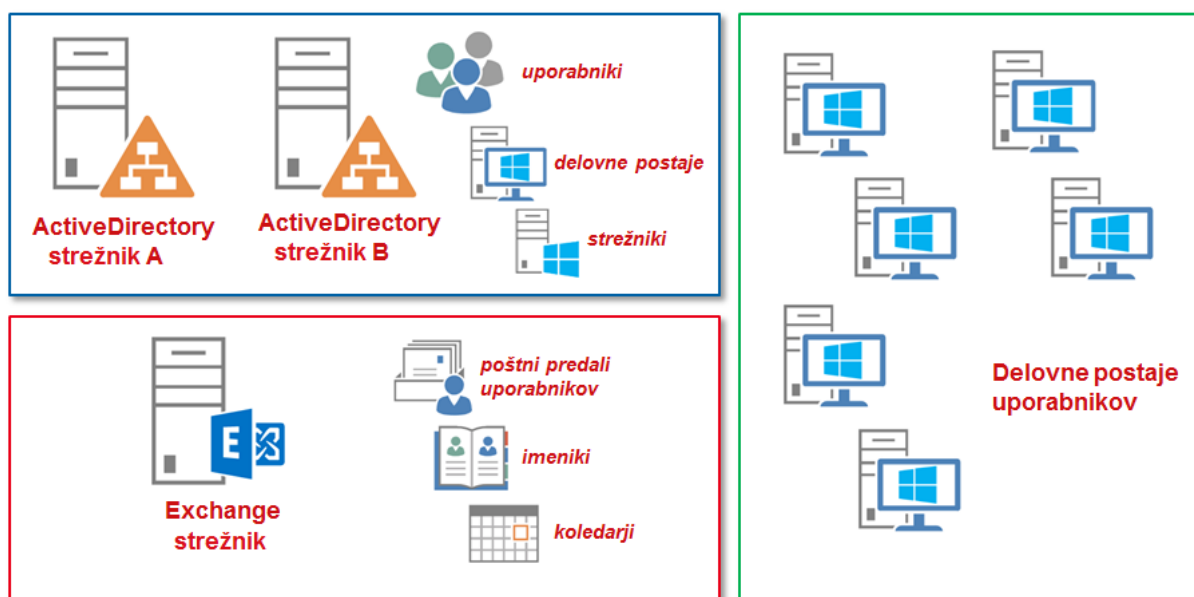
Podjetje je raziskalo nekaj različnih možnosti, vendar je bilo glavno vodilo podjetja popolno zaupanje v ponudnika, ki bi v končni fazi gostil njihove podatke, saj so ti ključ njihovega poslovanja. V podjetju so se glede na izvedene raziskave odločili za prehod v oblak.

Ob prenovi sistema s prehodom v oblak se vedno postavlja vprašanje, katera rešitev je najboljša. Univerzalnega odgovora ni, vsak večji ponudnik storitev v oblaku namreč ponuja svoje storitve po ugodni ceni in s tem uporabnikom omogoča fleksibilnost poslovanja. Odločiti se je potrebno glede na funkcionalnosti, ki jih od storitev pričakujemo, in na podlagi tega izbrati ponudnika, ki pričakovane funkcionalnosti omogoča in bo z njimi zadostil različnim potrebam v našem okolju. Če imamo namen investirati večji znesek, je morda pametno prej preizkusiti rešitev v testnem okolju, saj vsi ponudniki rešitev v oblaku ponujajo preizkusno obdobje, v katerem so vse funkcionalnosti na voljo brezplačno.

V svojem prizadevanju, da bi spodbudili osebje za bolj učinkovito ter sku-

pinsko delo, so se pri podjetju odločili za uvedbo produktivne rešitve v oblaku, katera temelji na Microsoft Office 365.

Slika 4.7 prikazuje prvotno stanje sistema v podjetju.

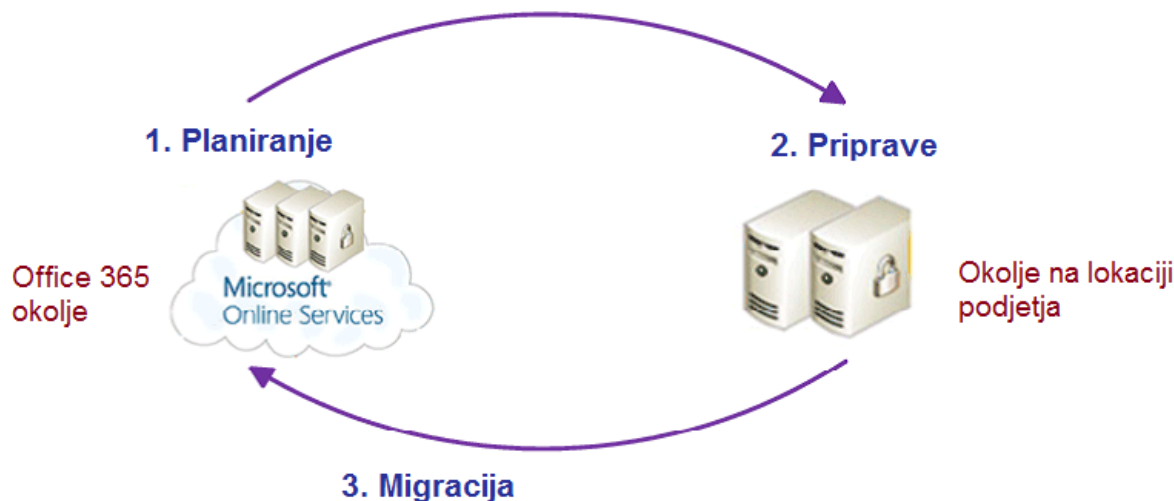


Slika 4.7: Stanje sistema pred prenovo

## 4.4 Prenova sistema

Za prenovo sistema smo določili tri ključne faze, ki so potrebne za prehod podjetja v oblak. To so faza planiranja migracije, kjer smo z načrtovanjem priprav za prehod v oblak zagotovili, da so izpolnjene vse potrebne zahteve za uvedbo Office 365 okolja, faza priprav na migracijo, kjer smo vse načrte priprav iz faze planiranja tudi izvedli in nazadnje faza migracije, kjer smo dejansko izvedli selitev uporabnikov in njihovih poštnih predalov v oblak. Po fazi migracije je podjetje začelo Office 365 uporabljati kot produkcijsko okolje. Na sliki 4.8 so prikazane vse tri ključne faze, ki so potrebne za prehod podjetja

iz lokalnega okolja v oblak.



Slika 4.8: Faze prehoda v oblak

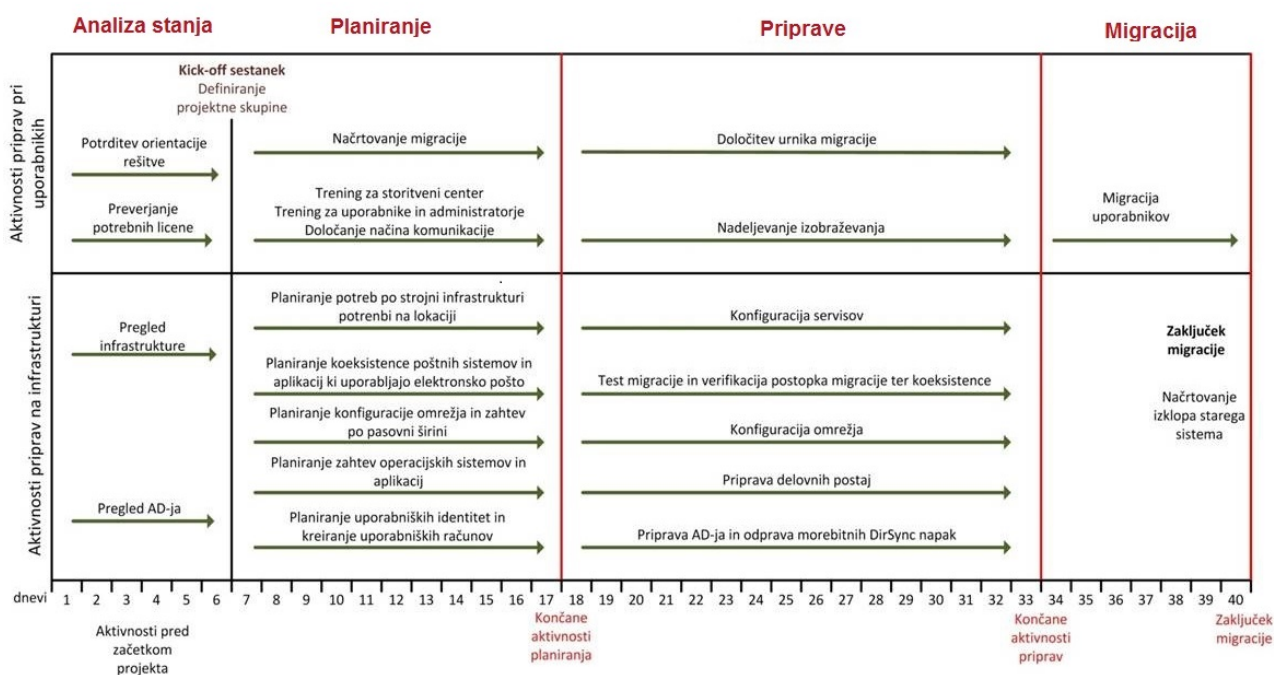
Zaradi lažjega dela in lažjega uvajanja prehoda v oblak ter predpriprav v lokalnem okolju podjetja, smo dodali tudi fazo analize obstoječega stanja. Celotno izvedbo projekta prehoda podjetja iz lokalnega okolja v oblak smo tako razdelili na štiri faze in več pripadajočih aktivnosti. Grafičen prikaz projekta je prikazan na sliki 4.9.

Pri vsaki fazi smo aktivnosti razdelili v dve skupini:

- Aktivnosti priprave na obstoječi infrastrukturi
- Aktivnosti priprave pri uporabnikih

Organiziranje aktivnosti po fazah in časovnem prikazu trajanja posamezne aktivnosti nam zagotavlja visoko raven usklajenosti z roki končanja določene aktivnosti oziroma faze. Kontrolne točke prehoda med fazami nam z dokončanjem posameznih aktivnosti omogočajo nadzor nad izvajanjem celotnega projekta. Nekatere aktivnosti navedene v fazah planiranja in priprave smo zaradi podobnosti oziroma odvisnosti lahko izvedli hkrati.

V naslednjih podpoglavjih bomo opisali vse aktivnosti določene faze.



Slika 4.9: Plan projekta

#### 4.4.1 Analiza stanja

Analiza stanja je potrebna praktično pri vsakem projektu prenove IT. Z njeno pomočjo smo lahko določili potrebne korake za pripravo in izvedbo projekta.

Z vsemi zaposlenimi v podjetju, ki so vpleteni v proces prehoda v oblak, je bilo potrebno najprej organizirati začetni sestanek (ang. kick-off meeting), s katerim se je projekt dejansko začel. Začetni sestanek je ključnega pomena, saj služi za pregled in usklajevanje poravnosti rešitve v oblaku s poslovnimi zahtevami podjetja, obenem pa omogoča projektni ekipi, da se poleg tehničnih seznani tudi s celotnimi poslovnimi vidiki projekta. Drugi cilj sestanka pa je identificirati in pripraviti mejnike uvajanja rešitve, dogovoriti se kako bo celoten projekt potekal in definirati vse pomembne aktivnosti, ki so bile narejene pred začetkom projekta. Če strnemo obe skupini aktivnosti in povzamemo vse

aktivnosti izvedene pred začetkom projekta, je bilo najbolj pomembno zbiranje in pridobivanje informacij o obstoječem IT okolju podjetja. Ta proces se običajno imenuje "odkritje" (ang. discovery). Dejavnosti procesa odkritja zagotovijo celovito in ažurno evidenco IT okolja podjetja. To je pomembno, saj želimo izpolniti vse zahteve in predpogoje, ki so potrebne za začetek projekta oziroma za prehod v oblak. Področja, o katerih smo morali pridobiti podatke in informacije na lokaciji podjetja so strežniška infrastruktura, arhitektura omrežja, obstoječa rešitev overjanja, zasnova imenika in domene, pasovna širina, usmerjanje elektronske pošte, digitalni certifikati, celotna strojna in programska oprema ter vse pripadajoče licence, elektronska pošta in vse z njo povezane aplikacije, arhiviranje elektronske pošte ter uporaba mobilnih naprav. Največ poudarka smo posvetili preverjanju naslednjih področij:

- Domene: Pregledali smo vse domene elektronske pošte podjetja in število uporabnikov posamezne domene. Z uvedbo Office 365 privzeto dobimo domensko ime podjetje.onmicrosoft.com, zato je potrebno domeno, ki jo uporablja podjetje, dodati v Office 365. Preko spletnega portala Microsoft Online Services smo morali v Office 365 dodati domeno podjetja, overiti njeno lastništvo s strani podjetja in pri ponudniku, ki podjetju nudi internetne storitve, kreirati nov zapis DNS (ang. Domain Name System), ki je potreben za usmerjanje elektronske pošte proti storitvam Office 365. S tem smo omogočili ustvarjanje novih uporabniških računov in poštnih predalov v oblaku z obstoječo domeno podjetja.
- Programska oprema: Pregledali smo verzije operacijskih sistemov, aplikacij in internetnih brskalnikov obstoječe strojne opreme. Po pregledu smo ugotovili, da je potrebno nadgraditi strežnik Exchange z najnovejšimi popravki, ki bi v procesu nadgradnje tudi razširili shemo domene. Office 365 zahteva programsko opremo proizvajalca Microsoft, kar je podjetje v celoti izpolnjevalo. V nasprotnem primeru, bi bilo za migracijo uporabnikov in poštnih predalov v oblak potrebno zagotoviti dodatna orodja in procese drugih proizvajalcev, saj bi lahko prišlo do

težav neskladnosti med platformami.

- Identiteta uporabnika in dodeljevanje uporabniškega računa: Najbolj pomembno je bilo pridobiti informacije o tem, kako se v podjetju kreira in uredi uporabniški račun v primeru zaposlitve nove osebe oziroma kako se uporabniški račun izbriše ob odhodu določenega zaposlenega iz podjetja. S preходом v oblak je potrebno vsem uporabniškim računom omogočiti dostop do storitev v oblaku. Morali smo pridobiti podatke o shemi strežnika AD podjetja (zaradi sinhronizacije imenikov ADja in Office 365 okolja), o funkcionalnostih domenskega kontrolerja in gozda v domeni (ang. forest), o omejitvah in zaupanjih (ang. trusts) med več gozdovi in o pripravljenosti za enotno prijavo (ang. single sign-on) ter za nastavitve strežnika Exchange v hibridni način (omogoča pretok uporabnikov med lokalnim okoljem in oblakom). Enotna prijava nam omogoča, da smo Office 365 okolju vsilili varnostne politike dostopov in uporabniških računov, ki jih ima podjetje. Z enotno prijavo lahko uporabniki z enostavno prijavo v sistem podjetja, dostopajo tudi do vseh storitev Office 365 ter tako ne izgubljajo dragocenega časa z dodatnimi prijavami v oblak.
- Informacije o vseh uporabniških napravah, ki so priključene v domeno: Predvsem smo se osredotočili na informacije o prenosnih napravah, ki jih podjetje uporablja in morajo prav tako omogočati dostop do storitev v oblaku.
- Omreženje: potrebna je bila analiza vrat (ang. port) in protokolov omrežja, pregled zunanjih zapisov DNS (usmerjenih proti javnem internetu) in certifikatov SSL (ang. Secure Sockets Layer). Za zagotovitev brezhibnega delovanja storitev v oblaku je bilo potrebno pregledati pasovno širino interneta in omogočiti protokole za dostop do Office 365. Ves promet je prej tekel preko lokalnega omrežja podjetja, s preходом v oblak pa bo tekel med podjetjem in internetom, saj Office 365 zagotavlja storitve preko interneta. Zaradi zahtev po varni namestitvi pa-



keta Office 365, zagotovitvi kriptirane komunikacije med uporabniki in Office 365 okoljem, zagotovitvi enotne prijave v sistem uporabnikom in omogočanju hibridnega načina strežnika Exchange, smo se odločili za uporabo certifikatov SSL. Za zagotavljanje varne uporabe interneta in varnega dostopa do spletnih storitev, smo morali pregledati in nastaviti tudi požarni zid podjetja.

Zaradi lažjega pregleda poteka projekta smo se odločili za sprotno spremljanje tveganj in vprašanj, ki so se pojavila tekom projekta ter za generiranje poročil o stanju projekta. Z zaključkom začetnega sestanka je projekt prešel v fazo planiranja.

#### **4.4.2 Planiranje**

Z vsemi podatki in informacijami o obstoječem IT okolju, ki smo jih pridobili v fazi analize stanja, smo v fazi planiranja preverili skladnost okolja z zahtevami namestitve paketa storitev Office 365 in določili strategije za prehod podjetja v oblak. Pri procesu uvajanju Office 365 smo morali biti pozorni na elemente, ki že tradicionalno zahtevajo veliko časa za dokončanje in prinašajo višje tveganje za zamude dokončanja projekta. Zato smo več ključnih elementov obravnavali že v fazi planiranja, saj smo tako lahko zagotovili pravočasno dokončanje posameznih aktivnosti določene faze in preprečili nepotrebne zamude prehoda podjetja v oblak.

##### **Aktivnosti priprave pri uporabnikih**

V sklopu aktivnosti priprave pri uporabnikih se je bilo najprej potrebno dogovoriti o načrtovanju poteka migracije podatkov v oblak, ki je lahko podprta z izdelavo različnih strategij migracije.

Pojavila se je dilema ali je bolje replicirati obstoječe uporabnike v oblak ali kreirati nove kar v oblaku. Odločili smo se, da na to vprašanje odgovorimo s testno oziroma pilot migracijo. S pilot migracijo lahko poskusno migriramo

v oblak nekaj poštnih predalov uporabnikov ter tako približno ocenimo koliko časa bi lahko porabila celotna migracija vseh obstoječih poštnih predalov uporabnikov. Uspešna izvedba pilot migracije služi tudi za potrditev pravih nastavitvev obstoječega okolja, s čimer smo zadovoljili vse zahteve za prehod v oblak. Po drugi strani pa nam neuspešna izvedba pilot migracije služi za odkrivanje morebitnih napak in za načrtovanje čimprejšnje odprave le-teh.

V našem primeru je bil največji problem za migracijo obstoječih uporabnikov v oblak prav način poslovanja podjetja. Podjetje namreč posluje v več državah sveta na različnih kontinentih, kar pomeni tudi več različnih časovnih pasov. Zato mora biti informacijski sistem podjetja dostopen in aktiven 24 ur na dan. V pisarnah v Sloveniji je stalno prisotnih okoli 200 uporabnikov, ostali pa potujejo po celem svetu, kar pomeni omejitve pri migraciji, saj poštnih predalov takih uporabnikov ob njihovi odsotnosti ne smemo migrirati v oblak, ker dostopajo do sistema elektronske pošte in z migracijo lahko izgubijo dostop do svojih poštnih predalov.

Podjetje je bilo torej upravičeno v strahu glede načina migracije. Vendar pa bi po drugi strani, kreiranje novih 500 uporabnikov v oblaku potekalo zelo dolgo časa, kar bi občutno podaljšalo izvedbo celotnega projekta. Najprej smo se odločili, da zaradi preverjanja pravilnosti nastavitvev oziroma odkrivanja morebitnih napačnih nastavitvev okolja na lokaciji podjetja, poskusno migriramo v oblak 10 uporabnikov, ki so delovno aktivni v Sloveniji. Ko so se vse nastavitve okolja izkazale za pravilne in se je migracija poskusnih uporabnikov ter njihovih poštnih predalov v oblak uspešno izvedla, smo naredili načrt celotne migracije vseh uporabnikov in poštnih predalov sistema.

Po tehtnem premisleku smo se odločili za replikacijo uporabnikov z migracijo, ki se bo izvedla ob upoštevanju določenih varnostnih pravil. Najprej smo načrtovali migracijo v oblak vseh 200 uporabnikov, ki so stalno prisotni v pisarnah podjetja v Sloveniji, in sicer preko noči ob vikendih, saj takrat nihče od teh ne dostopa do sistema. Ker so, zaradi dinamike poslovanja podjetja, bivanja zaposlenih na poslovnih poteh kratka, smo se odločili, da bomo migracijo

ostalnih 300 zaposlenih, ki so bili na poslovni poti, izvedli takrat, ko se ti vrnejo iz poti in bodo prisotni v Sloveniji. Tako je podjetje naredilo seznam prihodov vseh odsotnih uporabnikov in nam, zaradi lažjega načina dela ter zaradi možnosti prilagajanja prihodom vseh odsotnih, omogočilo oddaljeni dostop do njihovega sistema, s katerim smo lahko izvedli migracijo poštnih predalov vseh uporabnikov v oblak.

Zaradi načina poslovanja podjetja, je bilo ključno zagotoviti dobro strategijo načina komunikacije z vsemi končnimi uporabniki Office 365. Določanje obveščanja uporabnikov je bilo pomembno, saj smo morali vsakega uporabnika pred migracijo v oblak o tem tudi obvestiti, in mu zagotoviti vsa točna navodila, ki se jih je moral držati v času prehoda v oblak. Predvsem je bila potrebna zagotovitev uporabnika, da med časom migriranja ne bo dostopal do svojega poštnega predala, kar bi lahko pripeljalo do izgube dostopa uporabnika do njegovega poštnega predala, ali do neuspešnega migriranja poštnega predala v oblak, v najhujšem primeru pa celo do izgube elektronske pošte.

Po dogovoru o načinu migracije in načrtovanju izvedbe le-te je sledilo začetno spoznavanje uporabnikov in administratorjev z Office 365 okoljem. Predstavili smo prijavo v oblak ter prikazali uporabo spletnih programov in storitev, ki jih Office 365 ponuja. Uporabniki so dobili pregled nad možnostmi dela z različnimi programi in storitvami v Office 365 okolju. Administratorjem smo dodatno predstavili možnosti upravljanja in prilagajanja Office 365 okolja, spoznali pa smo jih tudi z možnostmi dodajanja novih uporabnikov, kreiranja zahtev po dodatnih storitvah in dodeljevanja licenc določenih storitev obstoječim uporabnikom.

### **Aktivnosti priprav na infrastrukturi**

Sklop aktivnosti priprav na infrastrukturi smo začeli s planiranjem potreb po strojni infrastrukturi na lokaciji podjetja. Po opravljeni analizi stanja smo ugotovili, da lahko za prehod v oblak uporabimo vso obstoječo infrastrukturo

podjetja. Za potrebe orodja Directory Synchronization (DirSync), ki skrbi za sinhronizacijo imenikov in zahteva svoj strežnik, smo ustvarili nov virtualni strežnik z Windows okoljem.

Ker smo strežnik Exchange želeli nastaviti v hibridni način delovanja, smo morali zagotoviti soobstoj poštnega sistema v lokalnem okolju podjetja in v oblaku. To pomeni, da bi se za dostop uporabnikov do poštnih predalov v lokalnem okolju uporabljal strežnik Exchange, za dostop do poštnih predalov v oblaku pa spletni strežnik Exchange Online.

Pozornost smo morali posvetiti tudi hitrosti migracije, na katero lahko ob pasovni širini interneta pomembno vpliva tudi velikost poštnih predalov uporabnikov in število elementov v njih. V našem primeru ta postavka ni predstavljala velikega problema, saj smo vedeli, da ima v obstoječem okolju vsak uporabnik privzeto nastavljeno velikost poštnega predala na 2 GB. Potrebno pa je bilo prilagoditi aplikacije, ki za svoje delovanje uporabljajo elektronsko pošto. Z uporabo storitev Exchange Web Services (EWS) smo zagotovili delovanje aplikacij s spletnim strežnikom Exchange Online. EWS zagotavlja funkcionalnost, ki omogoča komunikacijo aplikacij s strežnikom Exchange in omogočajo dostop do enakih podatkov, ki so na voljo prek programa Microsoft Outlook. Tako lahko vse podatke iz programa Outlook integriramo v poslovne aplikacije. Podatki se med aplikacijo in strežnikom Exchange pošiljajo preko protokola HTTP.

Dodatno obremenitev omrežja predstavljajo tudi uporaba spletnih storitev, migracija podatkov v oblak in seveda izvajanje sprememb ali nadgradenj Office 365 okolja, ko so le-te potrebne. Zato smo morali zagotoviti, da bo lokalno omrežje podjetja izpolnjevalo zahteve za ustrezno pasovno širino interneta. Priporočena je bila uporaba strojne ali programske opreme, ki se uporablja za izenačevanje obremenitev omrežja (ang. network load balancing - NLB) in bi skrbela za porazdelitev zahtev na strežnikih AD in obeh strežnikih Exchange, ki sta v soobstoju zaradi hibridnega načina. Podjetje na svojih strežnikih

uporablja operacijski sistem Windows Server, ki privzeto omogoča programsko NLB rešitev. Office 365 za izenačevanje obremenitev to rešitev tudi podpira, zato omogočanje NLBja za nas ni predstavljalo posebnega problema.

Za podporo uporabe spletnih storitev in orodij za migracijo uporablja Office 365 specifične protokole in vrata omrežja, zato smo morali omogočiti delovanje protokolov in vrat, kot na primer TCP 443, TCP 25, TCP 80. Kot smo že omenili v fazi analize stanja, smo za varno povezavo med lokalnim okoljem in Office 365 okoljem uporabili certifikate SSL. Na strežniško infrastrukturo podjetja (oba strežnika AD) smo namestili certifikate SSL, ki uporabljajo avtorizacijo korenskega zaupanja tretjih oseb (ang. *third-party trusted root authority*). Tako smo lahko uporabnikom zagotovili varno in poenostavljeno enkratno prijavo v sistem ter pri hibridnem načinu strežnika Exchange omogočili varno povezavo s spletnim poštnim strežnikom Exchange Online. Za zagotavljanje spletnih storitev morajo imeti vse naprave uporabnikov, ki so v omrežju, omogočen dostop do javnega interneta in do Office 365 okolja. Pri pregledu požarnega zidu smo omogočili povezave, ki bazirajo na domenskih imenih \*.outlook.com in \*.microsoftonline.com, katere uporablja Office 365.

Po pregledu in nastavitvah omrežja smo nadaljevali z aktivnostjo planiranja zahtev programske opreme. Zaradi potrebe po razširitvi sheme domene, smo na strežnik Exchange v lokalnem okolju podjetja namestili paket nadgradnje. Z razširitvijo sheme domene smo strežnik Exchange lahko nastavili v hibridni način delovanja.

V fazi analize stanja smo ugotovili, da je za licenciranje programov, ki so del Office 365, potrebno namestiti dodatno programsko opremo na delovne postaje uporabnikov. Podjetje je moralo zagotoviti namestitev najnovejših verzij popravkov, nadgradenj in servisnih paketov operacijskih sistemov in aplikacij na delovne postaje vseh uporabnikov. Po uspešni nadgradnji je bilo potrebno na vseh delovnih postajah zagnati program Office Desktop Setup, ki je pripravil namizje delovnih postaj uporabnikov za uporabo spletnih aplikacij Office 365 in sinhronizacijo le-teh z namiznimi aplikacijami proizvajalca Microsoft.

Za uporabo spletnih storitev, ki jih Office 365 zagotavlja, je bilo potrebno za vsakega uporabnika sistema ustvariti uporabniški račun oziroma identiteto v Office 365 okolju. Office 365 omogoča več različnih mehanizmov za dodajanje uporabnikov storitvam v oblaku in za upravljanje uporabniških računov. Zaradi potrebe po nastavitvi strežnika Exchange v hibridni način, smo za dodajanje uporabnikov v oblak izbrali mehanizem sinhronizacije imenikov z orodjem DirSync, saj ostali mehanizmi te možnosti ne omogočajo. Po dodajanju uporabnikov v oblak, je potrebno vsem uporabnikom aktivirati licence za uporabo storitev Office 365. To smo storili s preko Windows PowerShell konzole. Za uporabo PowerShell konzole potrebujemo zahtevano programsko orodje Microsoft Online Services Module. Po namestitvi modula smo uporabnikom dodelili licence preko PowerShell skripte s povezavo na storitve Microsoft Online Services.

Sinhronizacija imenika strežnika AD in imenika Office 365 okolja nam je omogočila tudi implementacijo enotne prijave v sistem, ki je uporabnikom zelo poenostavila prijavo v oblak. Za zagotavljanje enotne prijave, uporablja Office 365 programsko opremo Active Directory Federation Services 2.0 (AD FS 2.0). AD FS 2.0 smo namestili na oba strežnika AD. Nato smo vzpostavili zaupanje med dvema domenama varnosti, kar pomeni, da je bila med obema strežnikoma AD in Office 365 vzpostavljena federacija identitet (ang. identity federation). Ker enotna prijava zahteva SSL certifikate, smo določili načrt spremljanja kreiranja in upravljanja certifikatov, saj smo morali upoštevati dejstvo, da je, ob vsakem poteku določenega certifikata, potrebno posodobiti enotno prijavo z novim certifikatom.

Na koncu faze planiranja smo naredili načrt za uporabo storitev oblaka preko mobilnih naprav. Za dostop mobilnih naprav uporabnikov do poštnih predalov v oblaku in do storitev Office 365, je bilo potrebno mobilne naprave sinhronizirati s spletnim poštnim strežnikom Exchange Online. Sinhronizacijo smo dosegli z uporabo protokola Microsoft Exchange Active Sync, ki je del sinhronizacijskega protokola strežnika Exchange. Exchange Active Sync

preusmeri zahteve mobilnih naprav do poštnih predalov v spletnem strežniku Exchange Online. Načrt korakov potrebnih za sinhronizacijo mobilnih naprav je opisan v fazi migracije.

S končanjem faze planiranja migracije smo prešli na fazo dejanskih priprav okolja na migracijo uporabnikov in poštnih predalov v oblak.

### **4.4.3 Priprave**

Kot smo že omenili, se veliko aktivnosti faze planiranja in faze priprav lahko izvede hkrati oziroma se v nekaterih primerih celo prekrivajo. Tako smo nekatere nastavitve okolja in aktivnosti, ki so bile predvidene za fazo priprav na migracijo izvedli že v prejšnji fazi.

#### **Aktivnosti priprav pri uporabnikih**

Pilot migracijo smo izvedli že v fazi planiranja ter se tako odločili za ustrezen način prehoda v oblak. Po odločitvi o načinu replikacije uporabnikov in poštnih predalov v oblak z migracijo, smo sklop aktivnosti priprav pri uporabnikih začeli s podrobno določitvijo urnika migracije. Približno smo ocenili čas, ki je potreben za pripravo vse strojne in programske opreme na migracijo in tako določili načrt za migracijo v oblak 200 uporabnikov, ki so prisotni v Sloveniji. Nadaljevali smo s spoznavanjem le-teh z okoljem oblaka in izobraževanjem za uporabo spletnih storitev Office 365. Za boljši pregled ter za vse ostale uporabnike, ki so bili v tem času v tujini, smo napisali podrobna navodila uporabe Office 365. Izobraževanje uporabnikov smo zaključili po izvedbi vseh aktivnosti, ki so bile v sklopu aktivnosti priprav na infrastrukturi.

#### **Aktivnosti priprav na infrastrukturi**

Zaradi zagotovitve enotne prijave v sistem in hibridnega načina delovanja strežnika Exchange, smo se najprej posvetili replikaciji uporabnikov v oblak

s sinhronizacijo imenikov strežnika AD in Office 365 okolja. Sinhronizacija imenikov je sinhronizacija elementov (uporabnikov, skupin in vizitk), ki so v imeniku lokalnega strežnika AD podjetja, z imenikom Office 365 okolja. Na virtualni strežnik z Windows okoljem smo za sinhronizacijo imenikov namestili orodje DirSync. Poseben virtualni strežnik smo kreirali zaradi zagotovitve nemotenega delovanja orodja DirSync, saj je njegova zmogljivost odvisna od velikosti in zahtevnosti imenika strežnika AD ter strojne opreme, na kateri se DirSync izvaja. Če strojna oprema ne ustreza zahtevam, je delovanje orodja okrnjeno, kar lahko povzroči večjo zakasnitev ali celo onemogoči razširjanje podatkov in sinhronizacijo z imenikom Office 365. DirSync je v bistvu zelo podoben programski opremi Microsoft Forefront Identity Manager (FIM), ki se uporablja za upravljanje identitet uporabnikov, avtomatizirano upravljanje življenjskega cikla preko različnih platform in uveljavljanje varnostne politike podjetja ter podrobnega revidiranja. Pri Microsoftu so FIM malce spremenili in prepakirali v DirSync, ki se uporablja izključno za potrebe Office 365.

Po namestitvi orodja DirSync smo omogočili sinhronizacijo imenikov. Čarovnik za konfiguracijo sinhronizacije imenikov ustvari storitveni račun `MSOL_AD_SYNC` v gozdu imenika strežnika AD, in sicer v standardni organizacijski enoti (ang. organizational unit) uporabnikov, ki je v korenski domeni. Račun se ustvari z lokalnimi dovoljenji za uporabo strežnika AD in dovoljenji za uporabo Office 365, ki smo jih vnesli med samo namestitvijo orodja. DirSync uporabi storitveni račun za branje imenika lokalnega strežnika AD v podjetju ter pisanje v sinhronizacijsko podatkovno zbirko Office 365. Pri konfiguraciji sinhronizacije smo nastavili ponavljajoče se sinhroniziranje podatkov iz imenika strežnika AD v imenik Office 365, ki poteka vsake tri ure. Pri prvi sinhronizaciji se je v imenik Office 365 zapisala kopija vseh lokalnih uporabniških računov, vizitk in skupin. Po tem dogodku DirSync, glede na urnik sinhronizacije, vsakič preveri, ali je bil imenik lokalnega strežnika AD spremenjen ter ustrezno posodobi imenik Office 365 okolja. Treba je poudariti da lahko, ko je nameščeno DirSync orodje in nastavljena sinhronizacija imenikov, uporabniške račune spre-



minjamo, upravljamo, kreiramo, brišemo in avtoriziramo le v strežniku AD na lokaciji podjetja. V Office 365 tega ne moremo početi.

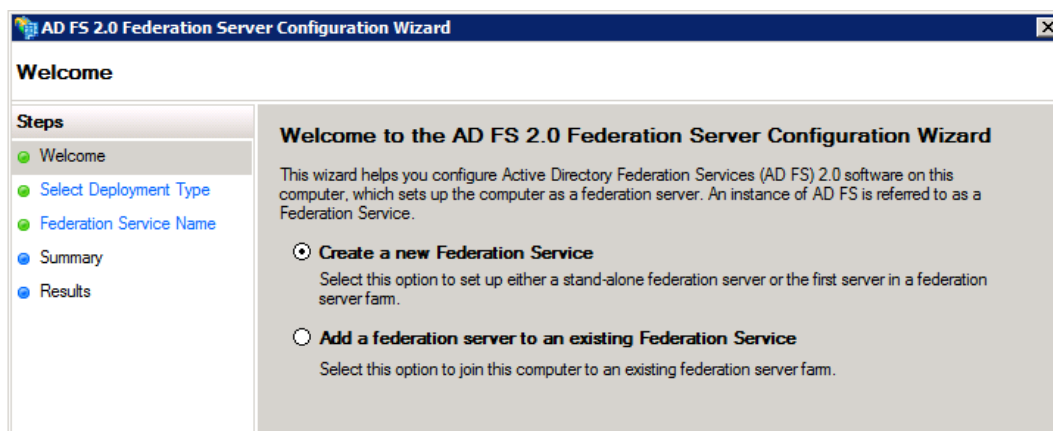
Ko so uporabniški računi z imenikom Office 365 prvič sinhronizirani, so označeni kot neaktivni. Uporabniki takrat še ne morejo pošiljati ali prejemati elektronske pošte in ne porabljajo naročnin za licence programov v oblaku. Za uporabo spletnih storitev Office 365 smo uporabniške račune aktivirali tako, da smo jim, preko PowerShell konzole, dodelili veljavne licence uporabe.

Po sinhronizaciji imenikov strežnika AD in Office 365 okolja smo omogočili enotno prijavo v sistem. Na vseh strežnikih, ki jih želimo pripraviti za vlogo strežnika za povezovanje (ang. federation server), mora biti nameščena programska oprema AD FS 2.0. AD FS 2.0 za varnost uporablja avtorizacijski model kontrole dostopa, ki temelji na trditvah (ang. claims-based). Overjanje, ki temelji na trditvah, je proces overjanja uporabnikov, ki v žetonu zaupanja (ang. trusted token) vsebuje množico trditev glede identitete posameznega uporabnika. Žeton zaupanja je izdan in podpisan s strani entitete, ki lahko uporabnika overi glede na trditve o njegovi identiteti.

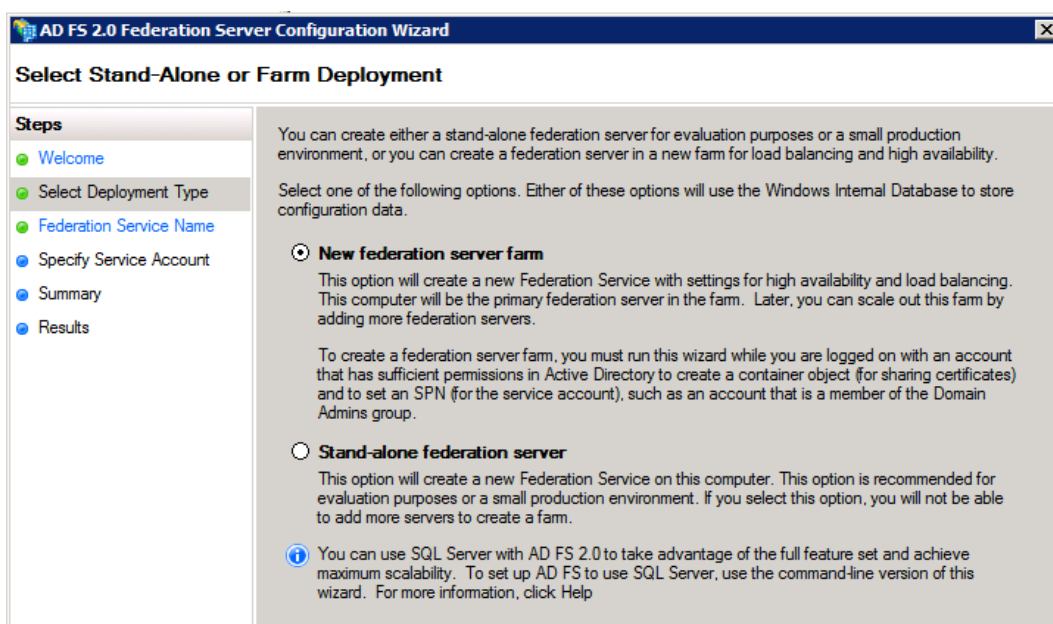
Najprej smo AD FS 2.0 namestili na primarni strežnik AD. Po namestitvi omenjene programske opreme, je potrebno zagnati in nastaviti AD FS 2.0. Z uporabo čarovnika smo najprej ustvarili novo storitev za povezovanje, kot je prikazano na sliki 4.10

Kot lahko vidimo na sliki 4.11, smo v naslednjem koraku izbrali možnost kreiranja nove farme strežnikov za povezovanje, saj želimo imeti oba strežnika AD združena v farmi. S tem podjetju zagotovimo fleksibilnost pri uvajanju morebitnih dodatnih strežnikov AD FS 2.0 v prihodnosti. Pri uvajanju strežnikov AD FS 2.0 združenih v farmo, prvi strežnik za povezovanje vedno deluje kot primarna zveza overjanja (ang. liaison). Vsi ostali strežniki v farmi pa so nastavljeni samo v načinu za branje (ang. read-only).

Za preverjanje pristnosti strežnika potrebujemo SSL digitalni certifikat, ki ga moramo ročno kreirati oziroma namestiti na privzeto spletno mesto. To moramo storiti za vsak strežnik, ki je v farmi in mu želimo dodeliti vlogo



Slika 4.10: Kreiranje nove storitve za povezovanje

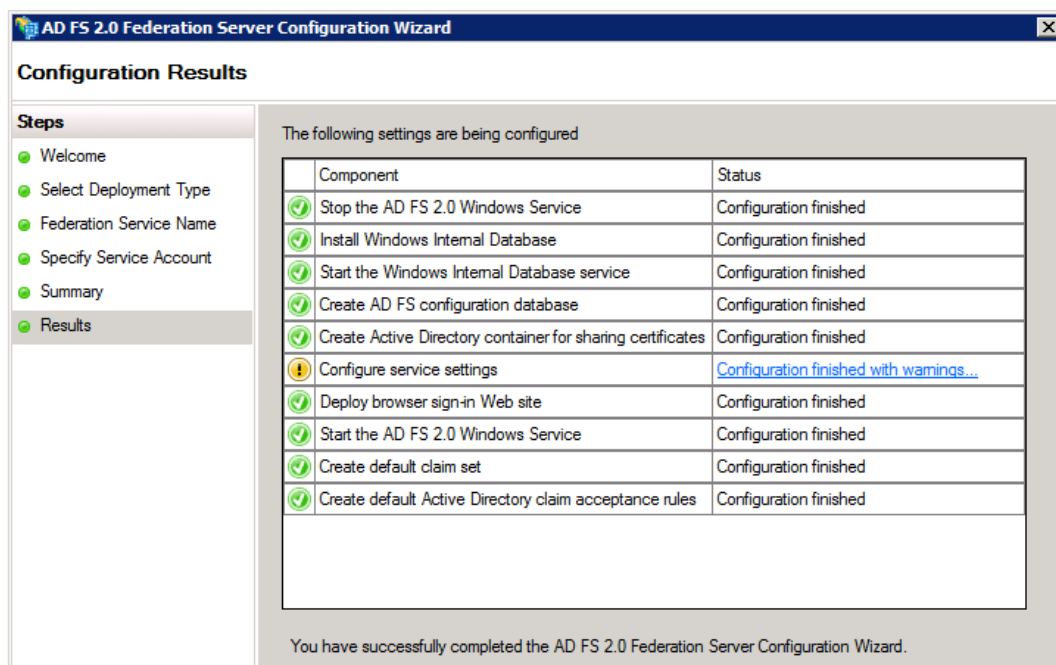


Slika 4.11: Kreiranje nove farme strežnikov za povezovanje

strežnika za povezovanje. Na privzetem spletnem mestu smo kreirali samopodpisan (ang. self-signed) certifikat, saj druge oblike digitalnega certifikata ne moremo izvoziti. SSL certifikat smo morali nato uvoziti v postopku nastavitev

AD FS 2.0, saj čarovnik iz SSL certifikata določi ime storitve za povezovanje strežnikov.

Po koncu nastavitvev nas je čarovnik obvestil o uspešni nastavitvi storitve za povezovanje strežnikov, kot je prikazano na sliki 4.12. Na sliki je vidno tudi opozorilo pri možnosti nastavitve servisov. V našem primeru smo AD FS 2.0 namestili na domenska strežnika AD, katera pa nimata lokalnih upravnih računov, ki jih AD FS 2.0 potrebuje, zato smo servise kreirali ročno.



Slika 4.12: Nastavitev storitve za povezovanje strežnikov

Po uspešni nastavitvi primarnega AD FS 2.0 okolja na lokaciji podjetja, je bilo potrebno vzpostaviti razmerje zaupanja (ang. relying party trust) med AD FS 2.0 farmo in Office 365 okoljem. Razmerje zaupanja deluje kot varni kanal, ki je postavljen med podjetjem in Office 365 okoljem. Tako se pospeši enotna prijava v sistem in dostop do Office 365, saj lahko žetoni overjanja varno potujejo po kanalu.

Razmerje zaupanja smo vzpostavili z upravljavskim orodjem programske opreme AD FS 2.0. Za kriptiranje žetonov smo ponovno uporabili prej kreirani SSL certifikat. Pri nastavitvah identifikatorjev razmerja zaupanja pa smo vnesli naslov drugega strežnika AD, ki bo v farmi. S tem smo omogočili vsem uporabnikom obeh strežnikov AD uporabo razmerja zaupanja.

Za vzpostavitev enotne prijave v sistem in zagotovitev dodatnih možnosti spletnih storitev Office 365 okolja, smo uporabili že omenjeno PowerShell konzolo. V ukazni vrstici PowerShell konzole smo morali zagnati več "cmdlet" ukazov, da smo lahko domene podjetja dodali oziroma pretvorili za enotno prijavo v sistem. Vsaka domena, ki jo želimo povezati z Office 365 okoljem, mora biti dodana kot domena za enotno prijavo, ali pa pretvorjena iz standardne domene v domeno za enotno prijavo. Ko domeno podjetja dodamo ali pretvorimo za enotno prijavo, vzpostavimo razmerje zaupanja med strežniki AD FS 2.0 in Office 365.

V našem primeru smo uporabili pretvorbo obstoječe domene podjetja. Pri pretvorbi obstoječe domene v domeno za enotno prijavo so vsi uporabniki postali povezani uporabniki in so lahko z obstoječimi poverilnicami podjetja (uporabniškim imenom in geslom) iz imenika lokalnega strežnika AD dostopali do storitev Office 365.

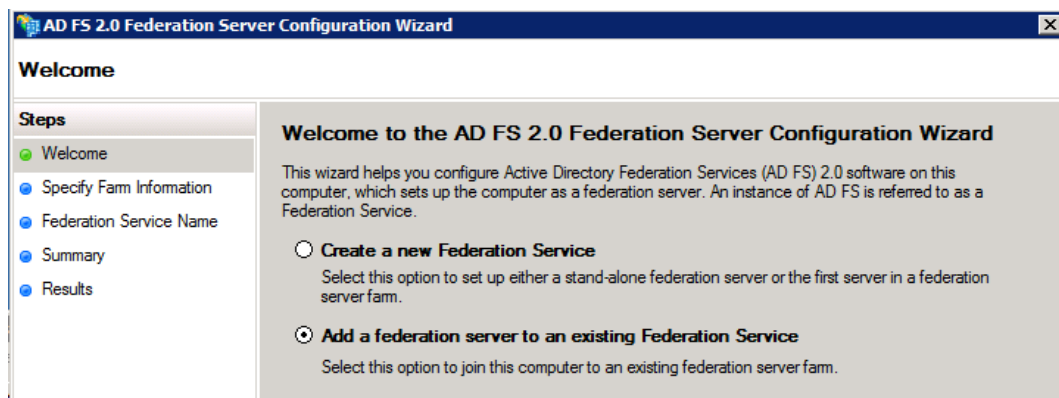
V nadaljevanju so navedeni in opisani le najbolj pomembni "cmdlet" ukazi, ki smo jih izvedli:

- **\$cred=Get-Credential** - Ko nas "cmdlet" pozove, da vnesemo poverilnice, vnesemo poverilnice skrbniškega računa za Office 365.
- **Connect-MsolService -Credential \$cred** - Vzpostavimo povezavo s storitvijo Office 365. Preden zaženemo ostale "cmdlet" ukaze, moramo ustvariti okolje za povezavo s storitvijo Office 365.
- **Set-MsolAdfscontext -Computer <primarni strežnik AD FS 2.0>**  
- Ustvarimo okolje, ki nas poveže s primarnim strežnikom AD FS 2.0.
- **Convert-MsolDomainToFederated -DomainName <domena podjetja>** - Domeno s standardnim preverjanjem pristnosti pretvorimo v

domeno z enotno prijavo.

- **Get-MsolFederationProperty -DomainName <domena podjetja>** - Primerjamo nastavitve v strežniku AD FS 2.0 in Office 365 ter tako preverimo ali je bila pretvorba uspešna. Če se nastavitve okolij ne ujemajo, jih moramo sinhronizirati tako, da zaženemo ukaz **Update-MsolFederatedDomain -DomainName <domena podjetja>**.

S tem smo končali AD FS 2.0 nastavitve primarnega strežnika AD. Sekundarni strežnik AD smo po namestitvi AD FS 2.0 programske opreme dodali v obstoječo storitev za povezovanje, kar prikazuje slika 4.13. Tako smo ga dodali v farmo strežnikov za povezovanje.



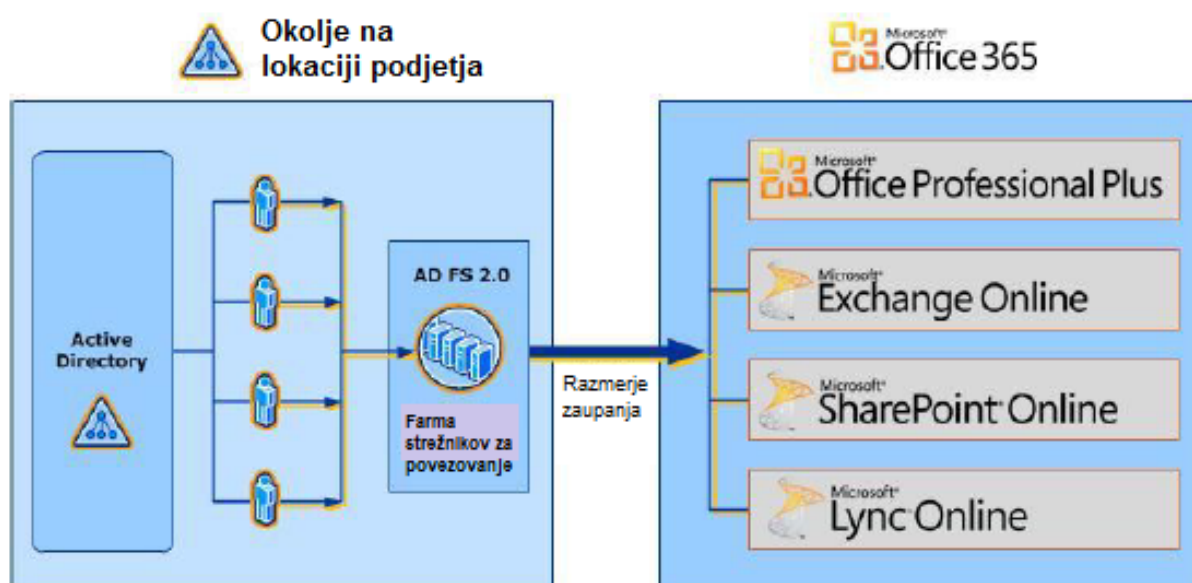
Slika 4.13: Dodajanje strežnika za povezovanje v obstoječo storitev

Nato smo izvedli popolnoma enake postopke kot pri nastavitvah primarnega strežnika AD.

Privzeto je, da AD FS 2.0 vsako leto ustvari nov samopodpisani certifikat 20 dni pred iztekom veljavnosti obstoječega certifikata. Office 365 mora biti o vsaki spremembi certifikata obveščen, saj v nasprotnem primeru ne bodo delovali dostopi do storitev Office 365. Zaradi tega smo na oba strežnika AD FS 2.0 namestili orodje Microsoft Office 365 Federation Metadata Update Automation Installation Tool, ki samodejno zaznava vse spremembe certifikata

strežnikov ter posodobi podatke Office 365.

Z opisanimi postopki smo podjetju omogočili enotno prijavo v sistem. Slika 4.14 prikazuje kako lahko lokalni uporabniki strežnika AD od strežnikov AD FS 2.0 za povezovanje, ki so na lokaciji podjetja, pridobijo potrebne žetone overjanja. Ti žetoni preusmerijo uporabnikove zahteve skozi razmerje zaupanja in jim preko enotne prijave v sistem omogočijo dostop do storitev Office 365 okolja.



Slika 4.14: Dostop do Office 365 z enotno prijavo v sistem

Za zagotovitev visoke dostopnosti (ang. high availability) spletnih storitev Office 365, je ključnega pomena spremljanje delovanja strežnikov AD FS 2.0. Če strežniki AD FS 2.0 postanejo nedostopni, se vsi uporabniki z enotno prijavo, ki bodo želeli dostopati do katerekoli spletne storitve Office 365, ne bodo mogli overiti. To pa pomeni, da storitev oblaka ne bodo mogli uporabljati. Zaradi tega smo namestili orodje Microsoft System Center Operations Mana-

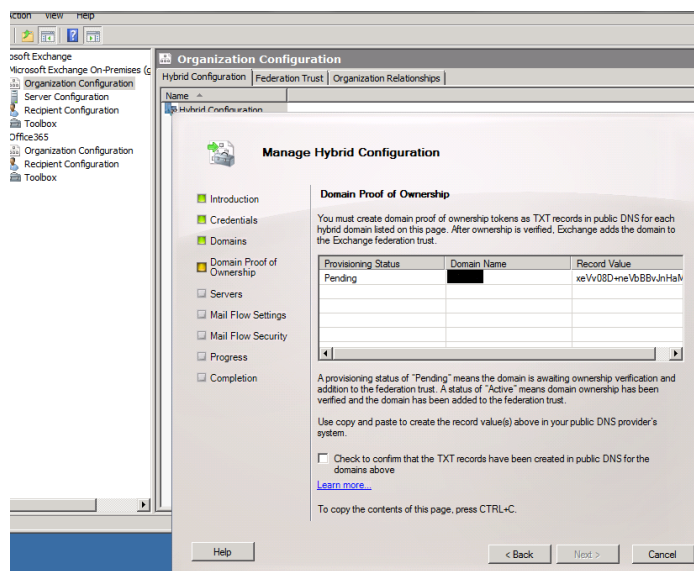
ger. Orodje služi za spremljanje delovanja strežnikov AD FS 2.0 in za ponovni zagon le-teh v primeru njihove ustavitve.

Nazadnje je sledila še nastavitev hibridnega načina delovanja poštnega strežnika Exchange v lokalnem okolju podjetja in soobstoj s spletnim poštnim strežnikom Exchange Online. Hibridni način strežnika Exchange omogoča, da ta deluje kot most med okoljem na lokaciji podjetja in Exchange Online okoljem. To zagotavlja, da se lahko uporabniki, ki imajo poštne predale v lokalnem strežniku Exchange, in uporabniki, ki imajo poštne predale v spletnem strežniku Exchange Online, med seboj vidijo in normalno uporabljajo storitve elektronske pošte, ne glede na okolje uporabe. Oboji pa pri tem uporabljajo isto domeno naslova elektronske pošte. Dodatna funkcija hibridnega načina pa je možnost prenosa poštnih predalov uporabnikov iz lokalnega okolja v Exchange Online okolje. To predstavlja največjo prednost, saj si podjetje želi, po migraciji vseh uporabnikov in poštnih predalov v oblak, uporabljati le poštne storitve v oblaku.

Zaradi zahtev hibridnega načina, smo najprej morali strežnik Exchange v lokalnem okolju nadgraditi na verzijo Exchange 2010 Service Pack 1. Nato smo z uporabo spletne storitve Microsoft Federation Gateway ustvarili federacijo zaupanja (ang. federation trust). Microsoft Federation Gateway je brezplačna spletna storitev podjetja Microsoft, ki deluje kot posrednik zaupanja med strežnikom Exchange v lokalnem okolju in spletnim strežnikom Exchange Online. Tako se med poštnima strežnikoma ustvari razmerje zaupanja. Po ustvarjenem razmerju zaupanja smo lahko nastavili lokalni strežnik Exchange v hibridni način delovanja.

V nastavitvah hibridnega načina strežnika Exchange smo najprej dodali domeno podjetja, nato pa smo morali njeno lastništvo overiti pri regulatorju domen. Ko smo lastništvo domene overili, je strežnik Exchange novo domeno dodal v federacijo zaupanja. Na sliki 4.15 je prikazano dodajanje domene podjetja in čakanje na potrditev lastništva (zaradi poslovne zaupnosti so nekateri

podatki podjetja na slikah prikriti).



Slika 4.15: Dodajanje domene v hibridnem načinu strežnika Exchange

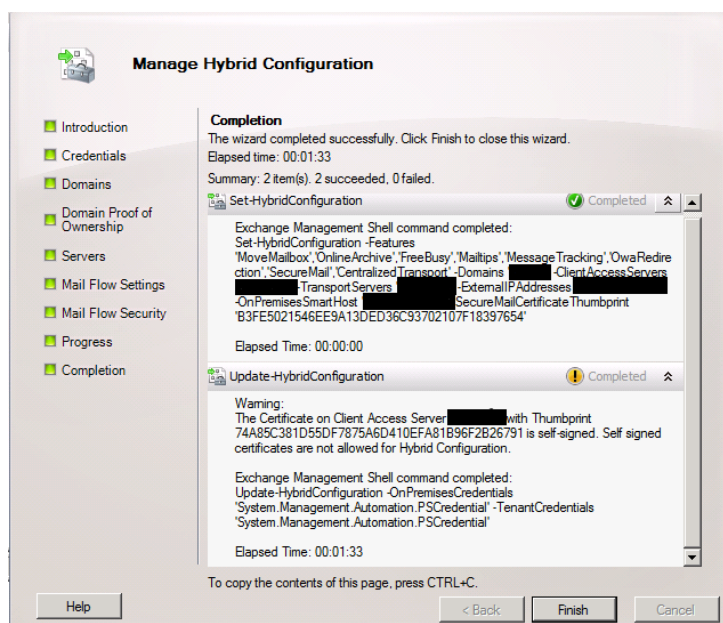
V zadnjem koraku smo obstoječi CAS strežnik določili za uporabo prenosa poštnih predalov med okolji. Z določitvijo vseh postavk smo uspešno nastavili hibridni način delovanja poštnega strežnika Exchange v lokalnem okolju podjetja, kar prikazuje slika 4.16. S tem smo tudi omogočili njegov soobstoj s spletnim poštnim strežnikom Exchange Online.

Z uspešnim končanjem vseh aktivnosti se je zaključila faza priprave na migracijo uporabnikov in poštnih predalov v oblak.

#### 4.4.4 Migracija

Faza migracije vsebuje aktivnosti, ki so potrebne za prenos poštnih predalov uporabnikov v Office 365 okolje in za začetek uporabe Office 365 okolja kot del produkcijskega okolja.





Slika 4.16: Uspešna vzpostavitev hibridnega načina strežnika Exchange

Večina organizacij upravičeno postavlja čas tranzicije na nov sistem za enega ključnih kriterijev pri prenovi IT. Za mnoga podjetja je namreč kritično, če njihovo poslovanje obstane za nekaj ur, kaj šele za več dni skupaj. Osnovna ideja je, da se prehod izvede čim bolj tekoče, tako da je poslovanje čim manj moteno. Zato je potrebna visoka stopnja doslednosti prav v obdobju vseh priprav na prehod. Med informatiki obstaja nepisano pravilo, da do težav pri tovrstnih prehodih praviloma prihaja ne glede na to, koliko truda je bilo vloženo v priprave.

Zaradi dobrega načrtovanja in pilotskega testiranja večjih težav pri prehodu v produkcijo nismo pričakovali. Ključna je bila usklajenost s skrbniki aplikacij, ki tečejo kot podpora poslovnemu procesu v podjetju. Zaradi poslovne usmerjenosti si podjetje ne more privoščiti nedelovanja informacijskega sistema, saj to takoj občutijo njihove stranke. Večino dela je bilo tako potrebno opraviti v poznih večernih urah. Ker je bila migracija uporabnikov in poštnih predalov

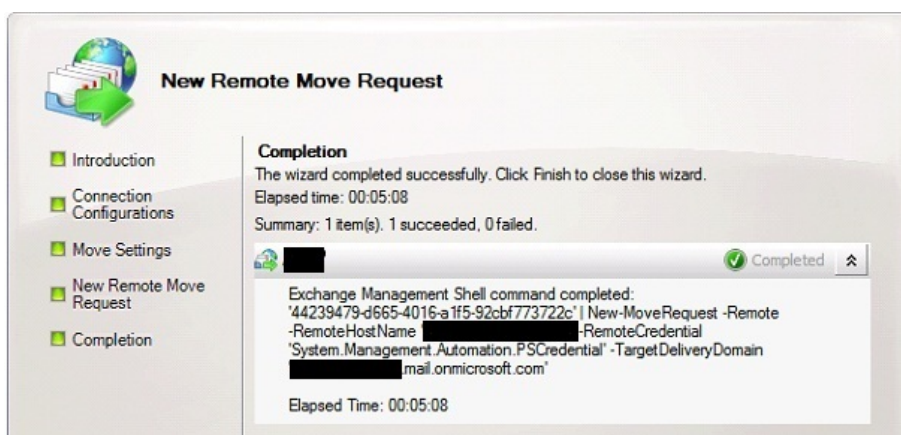
iz lokalnega okolja v oblak preizkušena in testirana predhodno, je bilo znano, na katere stvari je potrebno biti pozoren in kaj vse je potrebno preveriti ob prehodu v oblak.

Nekaj dni po migraciji v oblak so dostop do storitev in delovanje spletnih aplikacij preverili administratorji podjetja. V primeru, da nek uporabnik ne bi imel dostopa do svojega poštnega predala oziroma ne bi mogel uporabljati spletnih storitev, bi morali strežnik Exchange na lokaciji podjetja pustiti delovati naprej in ga ne ugašati toliko časa, dokler ne bi težave razrešili.

Smiselno je torej izbrati način prehoda, ki bo čim manj tvegan in bo čim manj motil tekoče poslovanje podjetja. Pri procesu migracije poštnih predalov uporabnikov v oblak smo se držali načrta, ki smo ga določili v fazah planiranja in priprav na migracijo. Torej, najprej smo ob vikendu, v poznih večernih urah v oblak migrirali poštne predale 200 uporabnikov, ki so v Sloveniji. Ostale poštne predale smo migrirali glede na urnik prisotnosti uporabnikov, ki nam ga je posredovalo podjetje. Zaradi soobstoja dveh poštnih sistemov, migracije v oblak ni bilo potrebno izvesti takoj. Tako smo si lahko vzeli čas za izvedbo vsakega sklopa migracije posebej in se v celoti prepričali o njeni uspešnosti. Pri celotnem procesu migracije pa smo uporabnikom zagotovili nemoteno poslovanje.

Za izvedbo migracije poštnih predalov v oblak smo uporabili možnost New Remote Move Request, ki je vsebovana v upravljalni konzoli strežnika Exchange (ang. Exchange Management Console - EMC). Ta možnost hibridnega strežnika Exchange omogoča prenos poštnih predalov uporabnikov iz lokacije podjetja v Office 365. Čas izvedbe posameznega sklopa migracije je bil odvisen od števila in velikosti poštnih predalov, ki so se prenesli v oblak. Na sliki 4.17 je prikazana uspešna migracija v oblak testnega poštnega predala z uporabo možnosti New Remote Move Request.

Po uspešni izvedbi celotne migracije vseh uporabnikov in njihovih poštnih predalov v oblak, smo morali uporabnikom omogočiti dostop do storitev v oblaku tudi preko mobilnih naprav. Po prehodu podjetja v oblak, je strežnik



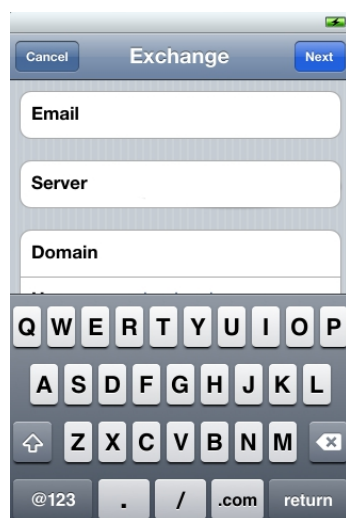
Slika 4.17: Uspešna migracija v oblak

Exchange, pri prvi prijavi uporabnika v njegov poštni predal na lokaciji, namreč avtomatično posodobil lokacijo poštnega predala in preusmeril uporabnika na strežnik Exchange Online v oblaku. V mobilnih napravah podjetja pa smo morali sami nastaviti naslov poštnega strežnika Exchange Online. Ko v mobilnih napravah nastavimo račun za Exchange Online, lahko uporabniki dostopajo in sinhronizirajo svojo elektronsko pošto, koledar, stike ter opravila.

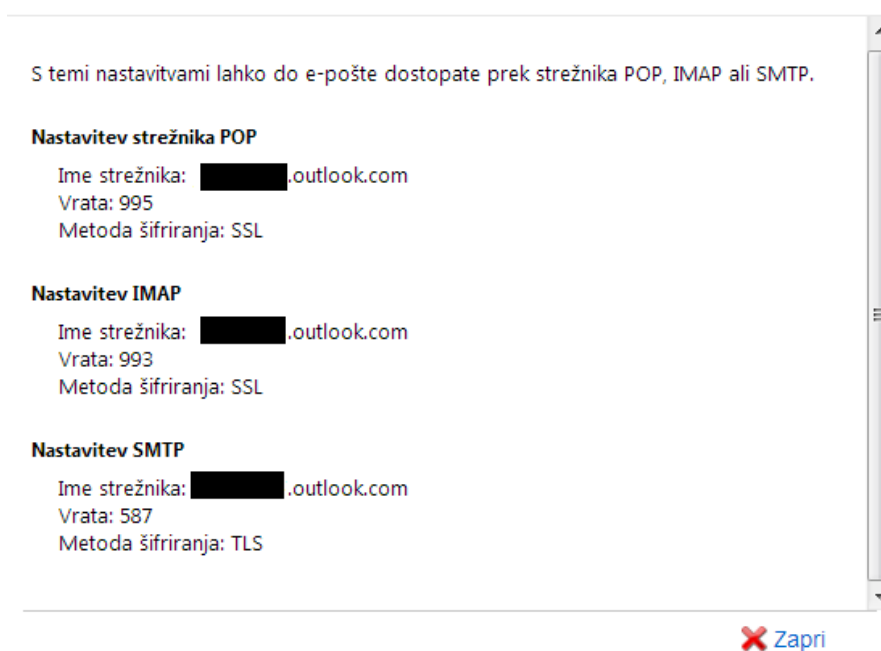
Podjetje uporablja mobilne naprave proizvajalcev Apple in BlackBerry ter mobilne naprave različnih proizvajalcev, ki vsebujejo operacijska sistema Android in Windows Phone. V nadaljevanju je prikazana procedura nastavljanja mobilnih naprav proizvajalca Apple:

- Kot lahko vidimo na sliki 4.18 smo morali pri dodajanju novega Microsoft Exchange računa nastaviti ime spletnega strežnika Exchange Online.
- Na sliki 4.19 je prikazano ime spletnega strežnika Exchange Online, ki je zapisano v informacijah o računu posameznega uporabnika spletne aplikacije za elektronsko pošto Outlook Web App, ki je del Office 365. Za ime spletnega strežnika smo uporabili m.outlook.com.

Za zagotavljanje delovanja spletnih storitev smo, na koncu procesa prenove



Slika 4.18: Vnos imena spletnega strežnika Exchange Online



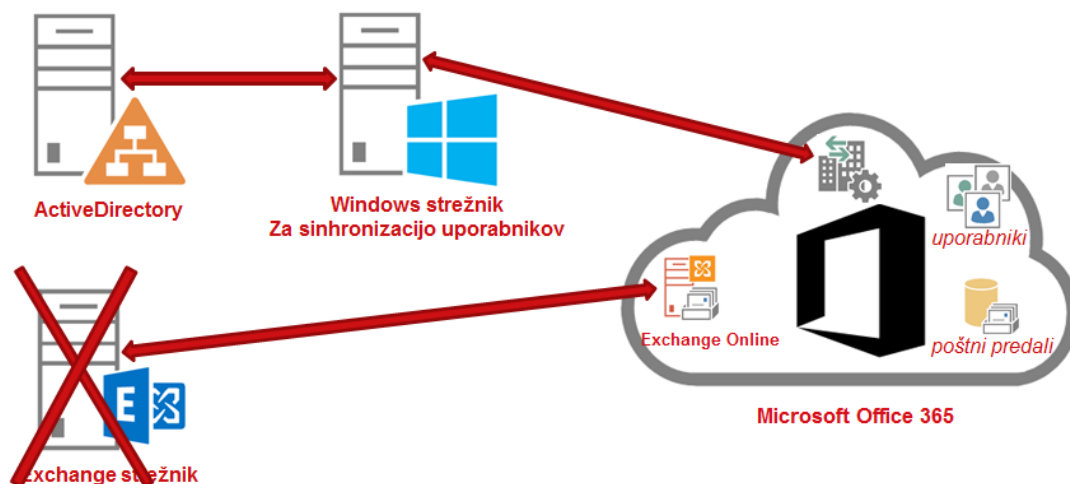
Slika 4.19: Ime spletnega strežnika Exchange Online

sistema in prehoda v oblak, opravili celovito testiranje vseh spletnih storitev paketa Office 365.

Sledilo je samo še načrtovanje izklopa starega sistema.

## 4.5 Stanje sistema po prenovi in možnosti nadgradnje

Po uspešni izvedbi celotne migracije, nastavitvah vseh mobilnih naprav in izvedbi podrobnega testiranja delovanja vseh spletnih storitev paketa Office 365, smo se s podjetjem odločili za izklop starega sistema oziroma strežnika Exchange na njihovi lokaciji. V strežniku Exchange je bilo potrebno izklopiti hibridni način delovanja in se prepričati, da so vsi zapisi za določanje poštnega strežnika usmerjeni proti spletnemu poštnemu strežniku Exchange Online. Ko je bilo to zagotovljeno, smo lahko izklopili strežnik Exchange v lokalnem okolju podjetja. Novo stanje sistema prikazuje slika 4.20.



Slika 4.20: Stanje sistema po prenovi

Podjetje je kupilo licence za uporabo vseh storitev, ki jih Office 365 ponuja.

Ponudnik spletnih storitev Microsoft svojim strankam vedno omogoča dostop do zadnjih verzij posodobitev vseh aplikacij in programov. Ker podjetje Microsoftu plačuje letno licenčno naročnino za uporabo spletnih storitev, ima preko Office 365 okolja vedno možnost namestitve vseh zadnjih verzij posodobitev in popravkov aplikacij ter programov storitev. Poleg tega pa Microsoft od svojih strank celo zahteva namestitve najnovejših posodobitev, saj vse starejše verzije, z razvojem tehnologije in spletnih storitev sčasoma niso več podprte. Tako je podjetje primorano namestiti vse zadnje verzije posodobitev oziroma popravkov aplikacij in programov storitev, ki jih uporablja. S tem sta poštni in pisarniški sistem v oblaku stalno na najvišji stopnji nadgradnje.

Po zaključku projekta prehoda v oblak je bilo potrebno oceniti, ali so bili zastavljeni cilji doseženi. Pri podjetju so tako pridobili rešitev v oblaku, ki je najbolj usklajena z njihovo vizijo poslovanja ter zahteva najmanj usposabljanja. Kot so sami dejali, verjamejo podjetju Microsoft, da bo skrbno ravnal z njihovimi podatki ter zagotavljal avtomatsko ustvarjanje ustreznih varnostnih kopij, navdušeni pa so tudi nad 99 % razpoložljivostjo rešitve v oblaku. Zaposleni v podjetju lahko dostopajo do svoje elektronske pošte in kontaktnih podatkov ne glede na to, kje se nahajajo. To pomeni, da lahko z računalnikom ali prenosno napravo, preko storitve Exchange Online, nemoteno in brez težav dostopajo do svojega računa elektronske pošte kar na poslovni poti oziroma od doma. Storitve SharePoint Online jim omogoča, da imajo vedno in povsod na voljo vse svoje in skupne dokumente, z uporabo storitve Lync Online pa si lahko med seboj, namesto formalnega pošiljanja elektronske pošte, pošiljajo neposredna sporočila. Takšna oblika komunikacije je veliko bolj preprosta za uporabo in bolj učinkovita, saj omogoča hitro in enostavno deljenje informacij med zaposlenimi.

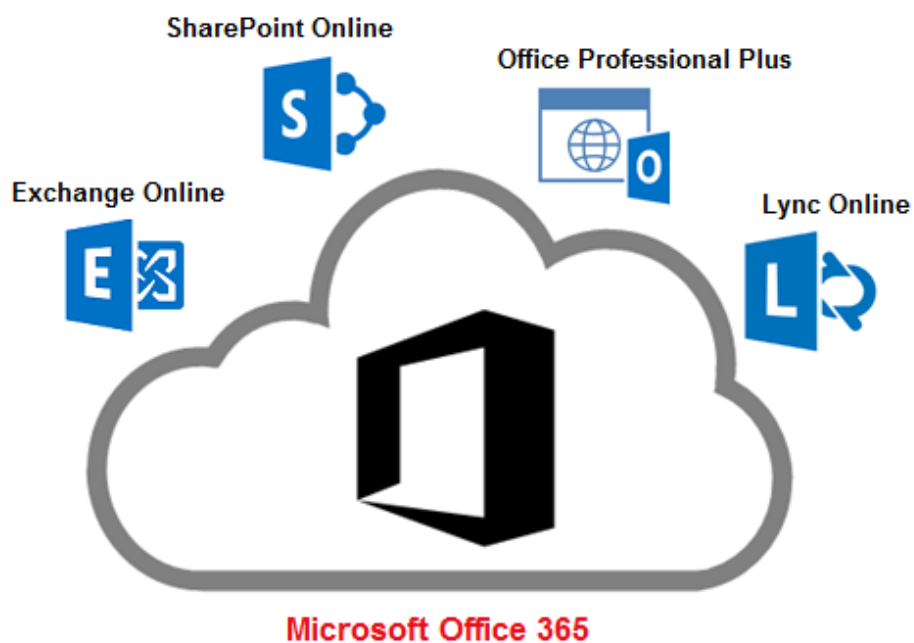
Nekaj tednov po zaključku projekta smo opravili tudi krajši pogovor z vodstvom podjetja in IT osebjem ter jih povprašali o njihovem mnenju glede

spletnih storitev Office 365. Pohvalili so predvsem dostopnost vseh storitev, saj so jim le-te, ob neprestani internetni povezavi v podjetju, stalno na voljo. Presenetil jih je tudi enostaven in hiter dostop do storitev preko javnih in domačih omrežij, tako od doma kot tudi na poslovni poti oziroma v trgovskem centru. Za podjetje je to neprecenljivo, saj zaposleni ne izgubljajo svojega dragocenega časa po nepotrebnem. Že v teh nekaj tednih uporabe so vodilni v podjetju opazili povečanje produktivnosti in medsebojnega sodelovanja zaposlenih, IT osebje pa je priznalo, da se je v tem času zelo razbremenil lokalni strežniški in pomnilniški sistem podjetja ter zmanjšalo povpraševanje po njihovi pomoči zaposlenim. Nihče v podjetju ni pričakoval, da bo vsak uporabnik dobil na razpolago 25 GB prostora za shranjevanje elektronske pošte in ostalih dokumentov, kar pomeni dostop do vse elektronske pošte oziroma dokumentov zadnjih nekaj let.

Ob vseh funkcionalnostih novega sistema pa je bilo dobrodošlo spoznanje, da lahko zaposleni dokumente namizne zbirke Office preprosto pošiljajo, prejemajo, berejo, na novo ustvarjajo ter urejajo kar preko aplikacij spletnih storitev paketa Office 365.

Potrebno pa je poudariti, da je prehod v oblak poleg vseh omenjenih prednosti prinesel tudi tveganja in nevarnosti, ki jih v lokalnem okolju podjetja ni bilo. Microsoft v celoti upravlja in obdeluje gostujoče podatke podjetja. To pomeni, da podjetje svojih podatkov, ki so v oblaku, namreč ne more več nadzirati in upravljati. Največje tveganje pa podjetju prav gotovo prinašata varnost in zaupnost le-teh. Za zagotavljanje teh dveh lastnosti je podjetje povsem odvisno od Microsofta. Če oblak ni dovolj dobro zaščiten, lahko do podatkov podjetja dostopajo nezaželeni osebe. Prav tako so strežniki Microsofta lahko tarča poskusa vdorov in napadov, ali pa pride do izpada delovanja. V najhujšem primeru lahko Microsoft kljub izdelavi varnostnih kopij izgubi vse podatke, kar pomeni, da tudi podjetje ostane brez vseh svojih podatkov.

Slika 4.21 prikazuje Microsoft Office 365 okolje podjetja.



Slika 4.21: Office 365 okolje podjetja



## Poglavje 5

### Zaključek

V diplomskem delu smo predstavili problematiko večine podjetij, ki se danes srečujejo s prenovno IT. Pregledali smo dva sklopa možnih rešitev prenove IT v podjetju; rešitve v lokalnem okolju in rešitve storitev v oblaku ter predstavili njune značilnosti in prednosti oziroma slabosti.

Na praktičnem primeru smo prikazali kako poteka implementacija rešitve storitev v oblaku in kaj vse je podjetje s prehodom v oblak pridobilo. Pogoj za rešitev je bila analiza stanja pred prenovno, s katero smo pokazali, da v obravnavanem primeru ni smiselno nadgraditi obstoječo infrastrukturo podjetja, temveč uporabiti dosežke in prednosti novih tehnologij. Za prehod poštnih in pisarniških storitev iz lokalnega okolja podjetja v oblak smo se morali spoznati z vsemi orodji, tehnologijami, postopki, aplikacijami in programi, ki so potrebni za selitev uporabnikov in poštnih predalov v oblak ter za njihovo normalno dostopnost, delovanje, uporabo, upravljanje, varnost in povezljivost s spletnimi storitvami v oblaku. Najem virov javnega oblaka je stroškovno, prostorsko, upravljavsko in vzdrževalno bolj učinkovit kot nakup nove dodatne infrastrukture, ki bi poleg višjih stroškov prinesla tudi ostale probleme. S tem smo pozitivno odgovorili na vprašanje, ki je zastavljeno v uvodnem delu diplomske naloge. Ugotovitve sicer temeljijo le na pisarniških in pomnilniških rešitvah, vendar so bile te v našem primeru, kjer je bila povečana predvsem

potreba po pomnilniškem prostoru, vsekakor zadosti obširne. Podjetje je s preходом v oblak pridobilo večjo fleksibilnost, prilagodljivost in uporabnost ter tudi konkurenčno prednost, saj se lahko v celoti posveti svoji primarni dejavnosti.

Potrebno je omeniti, da je prehod v oblak velikokrat odvisen tudi od želja posameznega podjetja. Nekatera podjetja imajo namreč opravka z občutljivimi in zaupnimi podatki, katere pa je težko kar brez pomisleka poslati v oblak. V takem primeru bi bil zagotovo boljša izbira privatni oziroma hibridni oblak.

Računalništvo v oblaku je zagotovo temelj na katerem bodo zrasle nove aplikacije, saj omogoča hiter prodor idej in izjemno skalabilnost, tako da se lahko enostavno prilagodimo naglemu povečevanju obiskov spletne aplikacije. Hitro rastoč razvoj dolgo pričakovane prilagodljivosti in uporabnosti v računalništvu ustreza potrebam, ki uporabnikom direktno preko interneta omogoča uporabo storitev v poslovne namene. Prihodnosti pripadajo storitve, ki se bodo odzivali v realnem času in ponujale informacije pridobljene bodisi od samih uporabnikov bodisi od nekih nečloveških senzorjev. Take aplikacije bodo najbolj primerne za oblak ne le zaradi potrebne visoke razpoložljivosti, ampak tudi zaradi izjemne količine podatkov s katerimi imajo opravka.

S stališča podjetja, predvsem mladega podjetja, je možnost uporabe oblaka še posebej zanimiva, saj ni potrebna investicija v drag podatkovni center, nudi pa prilagodljivost zahtevam in tako prepreči težave z neizkoriščenostjo oziroma preobremenjenostjo lastnega podatkovnega centra.

Vsekakor pa moramo biti pozorni na nevarnosti, ki se pojavijo s preходом v oblak. Velik problem predstavljajo izguba nadzora nad podatki ter varnost in zaupnost le-teh in posledično popolna odvisnost podjetja od ponudnika, saj so podatki shranjeni le pri enem ponudniku. Za odpravo nekaterih nevarnosti računalništva v oblaku, bi bilo v prihodnje potrebno poskrbeti za zagotavljanje združljivosti različnih storitev in prenosnosti med različnimi ponudniki ter za visok nivo upravljanja s podatki. Le tako bi bili uporabniki

lahko prepričani, da je shranjevanje njihovih podatkov pri ponudnikih vredno zaupanja, zaščiteno pred dostopom neželenih oseb in varno v primeru katastrof.

IDC trdi, da naj bi bila posledica vseh prednosti računalništva v oblaku v naslednjih letih 5-krat večja rast trga računalništva v oblaku v primerjavi s celotnim IT trgom. Tako strokovnjaki predvidevajo, da naj bi storitve v oblaku v tem obdobju dosegle 26 % stopnjo rasti na leto [36]. Zaradi lahke uporabe in dostopa do spletnih aplikacij (internet ter spletni brskalnik), ki ju računalništvo v oblaku omogoča, pa se je že zgodilo, da so mobilne naprave prehitele osebne računalnike kot najbolj pogosto uporabljene naprave za dostop do interneta ter posledično tudi do poslovnih aplikacij, kar prinaša učinkovito mobilno poslovanje. Rešitve storitev v oblaku tako niso le trend, ampak so postale prihodnost.

# Slike

2.1	NAS okolje . . . . .	9
2.2	SAN okolje . . . . .	10
2.3	Tradicionalna in virtualizirana strežniška arhitektura . . . . .	13
2.4	Ponudniki virtualizacije strežnikov . . . . .	14
3.1	Računalništvo v oblaku [26] . . . . .	22
3.2	Upravljanje infrastrukture različnih modelov . . . . .	26
3.3	Namestitveni modeli oblaka . . . . .	30
4.1	Primerjava spletnih storitev paketov Google Apps in Office 365 .	40
4.2	Google Docs Document . . . . .	41
4.3	Office Web Apps Word . . . . .	41
4.4	Primerjava lastnosti spletnih storitev Gmail in Exchange Online	42
4.5	Storitev Gmail . . . . .	43
4.6	Storitev Exchange Online . . . . .	44
4.7	Stanje sistema pred prenovo . . . . .	47
4.8	Faze prehoda v oblak . . . . .	48
4.9	Plan projekta . . . . .	49
4.10	Kreiranje nove storitve za povezovanje . . . . .	61
4.11	Kreiranje nove farme strežnikov za povezovanje . . . . .	61
4.12	Nastavitev storitve za povezovanje strežnikov . . . . .	62
4.13	Dodajanje strežnika za povezovanje v obstoječo storitev . . . . .	64
4.14	Dostop do Office 365 z enotno prijavo v sistem . . . . .	65

---

4.15	Dodajanje domene v hibridnem načinu strežnika Exchange . . .	67
4.16	Uspešna vzpostavitev hibridnega načina strežnika Exchange . .	68
4.17	Uspešna migracija v oblak . . . . .	70
4.18	Vnos imena spletnega strežnika Exchange Online . . . . .	71
4.19	Ime spletnega strežnika Exchange Online . . . . .	71
4.20	Stanje sistema po prenovi . . . . .	72
4.21	Office 365 okolje podjetja . . . . .	75

# Literatura

- [1] M. Armbrust et al., "Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing", UC Berkeley Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory, Februar 2009.
- [2] K. Bakshi, Cisco Systems, "Cisco Cloud Computing – Data Center Strategy, Architecture, and Solutions", *Point of View White Paper for U.S. Public Sector*, 2009, str. 4-6.
- [3] L. A. Barroso, U. Hölzle, "The Datacenter as a Computer", *An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines*, California: Morgan-Claypool, 2009.
- [4] R. Borek, "Evaluating Security Concerns with Cloud Computing", Julij 2012. Dostopno na:  
<http://www.erpsoftwareblog.com/2012/07/evaluating-security-concerns-with-cloud-computing/>
- [5] CrownPeak, "On-Premise vs. Cloud", *The impact of cloud computing on web content management*, Junij 2011, Dostopno na:  
<http://www.crownpeak.com/downloads/white-papers/on-premise-vs-cloud-the-impact-of-cloud-computing-on-web-content-management.pdf>
- [6] eG Innovations, "Demystifying Five Myths of Virtualization Management", 2010. Dostopno na:  
<http://www.eginnovations.com/whitepaper/5myths.pdf>

- 
- [7] B. Golden, "The Case Against Cloud Computing", Januar – Marec 2009.  
Dostopno na:  
[http://www.cio.com/article/477473/The\\_Case\\_Against\\_Cloud\\_Computing\\_Part\\_One](http://www.cio.com/article/477473/The_Case_Against_Cloud_Computing_Part_One)
- [8] B. Golden, C. Scheffy, "Virtualization for Dummies", Hoboken: Wiley, 2008.
- [9] E. Harnish, "Cloud-Based vs. On-Premises: How to Maximize Benefits of Each Infrastructure Model", Avgust 2010, Dostopno na:  
<http://www.eweek.com/c/a/Cloud-Computing/CloudBased-vs-OnPremises-How-to-Maximize-Benefits-of-Each-Infrastructure-Model/>
- [10] Informacijski pooblaščenec et al., "Varstvo osebnih podatkov & računalništvo v oblaku", Junij 2012.
- [11] W. Jansen, T. Grance, "Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing", NIST, December 2011.
- [12] V. Kouyoumjian, "The New Age of Cloud Computing and GIS", Januar 2010. Dostopno na:  
<http://www.esri.com/news/arcwatch/0110/feature.html>
- [13] D. Lowe, "Networking All-In-One Desk Reference for Dummies", Hoboken: Wiley, 2013, str. 57-58.
- [14] P. Mell, T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing", NIST, September 2011.
- [15] I. Menken, G. Blokdijk, "Virtualization - The Complete Cornerstone Guide to Virtualization Best Practices", New York: Emereo, Oktober 2008, str. 10-12.
- [16] M. Miller, "Cloud Computing: Web-Based Applications That Change the Way You Work and Collaborate Online", Indianapolis: Que, Avgust 2008, pogl. 2.

- 
- [17] I. Mitrani, "Managing performance and power consumption in a server farm", *Annals of Operations Research*, vol. 202, št. 1, str. 121–122, Januar 2013.
- [18] C. Poelker, A. Nikitin, "Storage Area Networks for Dummies", Hoboken: Wiley, 2009, str. 7-9.
- [19] M. Poniatowski, "Foundation of Green IT, Consolidation, Virtualization, Efficiency, and ROI in the Data Center", Boston: Prentice Hall, Avgust 2009.
- [20] M. Rouse, "Cloud bursting", Maj 2011. Dostopno na:  
<http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-bursting>
- [21] D. Ruest, N. Ruest, "Virtualization: A Beginner's Guide", New York: McGraw-Hill, Februar 2009.
- [22] D. Rule, R. Dittner, "The Best Damn Server Virtualization Book Period", Burlington: Syngress, November 2007, str. 6-7.
- [23] R. Sobel, "Virtualization vs. Cloud Computing: There is A Difference", Junij 2012. Dostopno na:  
<http://www.hightech-highway.com/virtualize/virtualization-vs-cloud-computing-there-is-a-difference/>
- [24] A. G. Taylor, "NAS Optimization for Dummies", Hoboken: Wiley, 2013, str. 4-5.
- [25] J. Wiley & Sons, "Windows Server Administration Fundamentals", *Microsoft Official Academic Course*, Hoboken: Wiley, 2011, str. 2-4.
- [26] (2013) Cloud Computing. Dostopno na:  
<http://compucorps.org/compucorps-cloud-computing/>
- [27] (2013) Amazon Elastic Compute Cloud (EC2). Dostopno na:  
<http://aws.amazon.com/ec2/>



- 
- [28] (2013) Gartner Says Worldwide Server Shipments Declined 0.2 Percent; Revenue Increased 5.1 Percent in Fourth Quarter of 2012. Dostopno na: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2351518>
- [29] (2013) Magic Quadrant for General-Purpose Disk Arrays. Dostopno na: <http://www.gartner.com/technology/reprints.do?id=1-1EMS036&ct=130325&st=sb>
- [30] (2013) SaaS (Cloud) vs. On-Premises Whitepaper, Dostopno na: <http://info.bluelinkerp.com/saas-vs-on-premises/>
- [31] (2013) Understanding the Virtual Infrastructure Model. Dostopno na: [http://vi-mw.com/v\\_infrastructure.htm](http://vi-mw.com/v_infrastructure.htm)
- [32] (2013) Cloud Vs. On-Premise. Dostopno na: <http://cloud.totaldefense.com/b2b/resources/cloudvsonpremise.html>
- [33] (2013) Microsoft Office 365. Dostopno na: <http://office365.microsoft.com>
- [34] (2013) Trustworthy Computing. Dostopno na: <http://www.microsoft.com/about/twc/en/us/default.aspx>
- [35] (2013) Google Apps v. Office 365: Head-to-head comparison of features. Dostopno na: <http://www.techrepublic.com/blog/the-enterprise-cloud/google-apps-v-office-365-head-to-head-comparison-of-features/>
- [36] (2013) IDC Cloud – An IDC Four Pillar Research Area. Dostopno na: <http://www.idc.com/prodserv/FourPillars/Cloud/index.jsp>